

ESTIMATIVA DOS NÍVEIS ÓTIMOS ECONÔMICOS DE IRRIGAÇÃO
DO CAFÉ CONILON (*Coffea canephora*)

ANDRÉ DALLA BERNARDINA GARCIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2021

ESTIMATIVA DOS NÍVEIS ÓTIMOS ECONÔMICOS DE IRRIGAÇÃO
DO CAFÉ CONILON (*Coffea canephora*)

ANDRÉ DALLA BERNARDINA GARCIA

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. D.Sc. José Carlos Mendonça

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

G216

Garcia, André Dalla Bernardina.

Estimativa dos níveis ótimos econômicos de irrigação do café Conilon (*Coffea canephora*) / André Dalla Bernardina Garcia. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2021.

96 f. : il.

Bibliografia: 78 - 92.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2021.
Orientador: José Carlos Mendonça.

1. Produtividade. 2. Manejo de irrigação. 3. Déficit hídrico. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

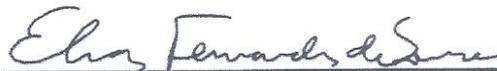
ESTIMATIVA DOS NÍVEIS ÓTIMOS ECONÔMICOS DE IRRIGAÇÃO
DO CAFÉ CONILON (*Coffea canephora*)

ANDRÉ DALLA BERNARDINA GARCIA

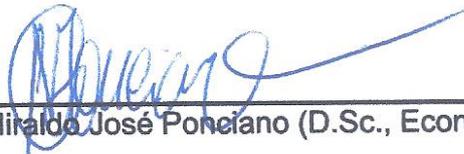
Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 02 de fevereiro de 2021

Comissão Examinadora



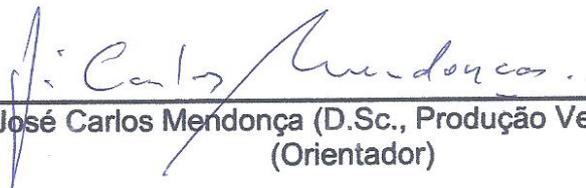
Prof. Elias Fernandes de Sousa (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF



Prof. Nivaldo José Ponceano (D.Sc., Economia Aplicada) – UENF



Prof. Gustavo Haddad Souza Vieira (D.Sc., Engenharia Agrícola) – IFES



Prof. José Carlos Mendonça (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização deste curso.

Agradeço também aos mestres e colegas que me ajudaram a construir o conhecimento necessário à realização de cada etapa de minha jornada acadêmica.

Sou grato também aos meus familiares e amigos que nas horas de dificuldade sempre souberam ouvir e aconselhar, sendo de grande benefício ao meu crescimento pessoal.

Agradeço aos meus pais, Sr. Pedro José e Sr^a. Renata Garcia, e também a amada Beatriz Gonçalves por estarem ao meu lado sempre, independente da situação, me dando conforto e sabedoria em minhas escolhas.

Gratidão especial ao meu professor orientador Doutor José Carlos Mendonça, pelas sugestões, pelos incentivos e pelos ensinamentos ao longo do curso. Agradeço, por fim, a todos os pesquisadores, professores, colaboradores e colegas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	RESUMO	v
	ABSTRACT	vii
1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	A cultura do café	12
2.2	Importância socioeconômica da cafeicultura	14
2.3	Manejo da irrigação na cafeicultura	15
2.4	Eficiência no uso da água e produtividade do café	16
2.5	Função de produção	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1	Localização do experimento.....	22
3.2	Delineamento experimental	23
3.3	Manutenção do experimento e condução das plantas	25
3.4	Modelagem da função de produção e cálculo de produtividade	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1	Dados climáticos mensais da região durante o período experimental	34
4.2	Resultados estatísticos de dados específicos a cada ciclo de cultivo	39
4.2.1	Ciclo de cultivo 2015/2016	40

4.2.2	Ciclo de cultivo 2016/2017	49
4.2.3	Ciclo de cultivo 2017/2018	56
4.2.4	Ciclo de cultivo 2018/2019	63
4.3	Resultados gerais e médios para todo período experimental	72
5	RESUMO E CONCLUSÕES	77
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
	APÊNDICES	93

RESUMO

GARCIA, Andre Dalla Bernardina; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Fevereiro de 2021. Estimativa dos níveis ótimos econômicos de irrigação do café Conilon (*Coffea canephora*). Orientador: Prof. Ph.D. José Carlos Mendonça.

O café tem grande importância econômica na agricultura brasileira, sendo o segundo maior produtor mundial, atrás apenas da Etiópia. As condições agrometeorológicas para o norte do estado do Rio de Janeiro são consideradas favoráveis para o cultivo do café Conilon, sendo uma alternativa viável ao produtor rural. Embora o clima e condições sejam favoráveis ao cultivo, são periódicas as estações de seca na região, nos quais os plantios sofrem com estresse hídrico devido ao déficit gerado. Além disso, um bom manejo de irrigação pode assegurar melhores produtividades reduzindo o consumo de água e garantindo esse recurso durante todo ciclo da cultura. A avaliação econômica da irrigação geralmente envolve a quantificação da produtividade em resposta a lâmina total de água aplicada. A caracterização da resposta da cultura à aplicação de água tem sido amplamente conhecida como Função de Produção Água-Cultura. Nesse sentido, a realização deste trabalho teve como objetivo obter a

curva de função de produção para o café Conilon (*Coffea canephora*), em função das lâminas de irrigação aplicadas. O experimento foi conduzido em um campo de cultivo já existente na área pertencente à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro em Campos dos Goytacazes, RJ. O delineamento experimental foi de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, composto pelo fator lâminas de água (0, 25, 50, 100 e 125% da ET_0). As lâminas de irrigação foram determinadas em função da evapotranspiração de referência (ET_0), calculada a partir do método de Penman-Monteith FAO 56. Os dados de produtividade ($sc \cdot ha^{-1}$ e $kg \cdot ha^{-1}$) foram obtidos pela pesagem dos frutos, colhidos manualmente nas áreas pré-estabelecidas. A relação entre as variáveis dependentes (produtividade) e as independentes (lâmina de água total aplicada) foi obtida por análise de regressão do tipo polinomial de segundo grau e, para determinar a produtividade máxima, em relação à lâmina aplicada, derivando-se a equação polinomial, igualando-se o resultado a zero. A partir dos dados obtidos, gerou-se uma equação (função de produção) por análise de regressão de segundo grau para obtenção dos coeficientes de ajuste a , b e c . Com os dados de produtividade e os custos relacionados à irrigação do café Conilon, foram calculadas as lâminas para obtenção da máxima produtividade física (W_{mpf}) e máximo rendimento econômico (W_{mre}), considerando-se a produtividade dos grãos. Diante dos resultados expostos e nas condições de trabalho apresentadas, conclui-se que a lâmina total de máxima eficiência econômica fica em torno de 1600 a 1800 mm, enquanto a lâmina de máxima produtividade física varia entre 1900 a 2000 mm, sendo economicamente viável a produção no Norte Fluminense.

ABSTRACT

GARCIA, Andre Dalla Bernardina; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2021, February. Estimated optimum economic levels of irrigation in Conilon coffee (*Coffea canephora*). Advisor: Prof. Ph.D. José Carlos Mendonça.

Coffee has great economic importance in Brazilian agriculture, being the second largest world producer, behind only Ethiopia. The agrometeorological conditions for the north of the state of Rio de Janeiro are considered favorable for the cultivation of Conilon coffee, being a viable alternative to the rural producer. Although climatic conditions are favorable to cultivation, the dry seasons in the region are periodic, in which plantations occur with water stress due to the deficit generated. In addition, good irrigation management can ensure better productivity by saving water consumption and guaranteeing this resource throughout the crop cycle. The economic evaluation of irrigation generally involves quantifying productivity in response to the total water depth applied. The characterization of the crop's response to water application has been widely known as the Water-Crop Production Function. In this sense, the accomplishment of this work had as objective to obtain the production function curve for Conilon coffee (*Coffea canephora*) in function of the irrigation depths applied. The experiment was carried out in an existing cultivation field in the area belonging to the Universidade

Estadual do Norte Fluminense in Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil. The experimental design is a randomized block design (DBC), with four replications, composed of the factor water depths (0, 25, 50, 100 and 125% of ET_0). The irrigation depths were determined according to the reference evapotranspiration (ET_0), calculated from the Penman-Monteith method. The productivity data ($sc \cdot ha^{-1}$ and $kg \cdot ha^{-1}$) were obtained by weighing the fruits, collected manually in the pre-determined areas. The relationship between the dependent variables (productivity) and the independent ones (applied water depth) was obtained by regression analysis of the second degree polynomial type and to determine the maximum productivity, in relation to the applied depth, deriving the polynomial equation, equalizing the result to zero. From the obtained data, an Equation (production function) was generated by second degree regression analysis to obtain the adjustment coefficients a, b and c. With the productivity data and the costs related to the irrigation of Conilon coffee, the depths were calculated to obtain the maximum physical productivity (W_{mpf}) and maximum economic yield (W_{mre}), considering the productivity of the grains. In view of the exposed results and in the presented working conditions, it is concluded that the total blade of maximum economic efficiency is around 1600 to 1800 mm, while the blade of maximum physical productivity varies between 1900 to 2000 mm, being economically viable the production in the North of Rio de Janeiro.

1. INTRODUÇÃO

O café destaca-se como um dos principais produtos da produção agrícola brasileira, sendo o Brasil, o maior produtor e exportador mundial dessa *commodity* (MAPA, 2019). Considerando-se apenas a espécie Conilon, o Brasil passa a ser o segundo maior produtor, com 15 milhões de sacas, atrás apenas do Vietnã que produz, aproximadamente, 31 milhões de sacas do grão segundo dados obtidos no Sumário Executivo do Café publicado pela EMBRAPA (2020). De acordo com dados disponibilizados pela CONAB (2018), no levantamento agrícola para região do Rio de Janeiro, a área plantada com a cultura do café em produção foi de 13.445 hectares, superior em 3% a safra 2017. Enquanto a área em formação gira em torno de 462 hectares. Com isso, a área total estimada deve chegar a 13.907 hectares.

A cafeicultura Norte Fluminense responde por cerca de 71% de toda a produção de café no estado do Rio de Janeiro, além disso, os produtores dessa região têm se tornado referência em qualidade para o restante do estado. A boa qualidade desses frutos se deve a introdução de novas tecnologias, aquisição de equipamentos individuais e coletivos, melhoria dos processos produtivos na lavoura e na pós-colheita, além do apoio para abertura de novos mercados consumidores (ABIC, 2018).

O cultivo do café Conilon é uma opção para a diversificação, haja vista que a região Norte do Estado possui áreas com características favoráveis ao plantio de café, com altitude inferior a 500 metros, sem impedimentos pedológicos, com déficit hídrico anual inferior 350 mm e temperatura média anual de 22 a 26°C (Rodrigues et al., 2012).

De acordo com estes mesmos autores, apesar do clima e condições favoráveis ao cultivo, são recorrentes os períodos de seca na região, nos quais os plantios sofrem com estresse hídrico devido ao déficit gerado. Além disso, um bom manejo de irrigação pode assegurar melhores produtividades reduzindo o consumo de água e garantindo esse recurso durante a maior parte do ciclo da cultura. Nesse sentido, Locatelli et al. (2014) destacam a quantidade inapropriada de água, seja por falta ou excesso, como um dos principais fatores que limitam o rendimento da produção. Para contornar esse problema ou suprir essa insuficiência, utiliza-se a irrigação com a finalidade de suplementar a necessidade hídrica da cultura durante os períodos de estiagem.

A irrigação, portanto, tem com objetivo assegurar níveis de produtividade sem variações significativas, garantindo a estabilidade na produção agrícola, mitigando os riscos de investimentos para a produção ocasionados pela ausência de chuvas. Entretanto, para seu uso adequado é necessário o conhecimento do manejo correto do sistema (Paes et al., 2012). Segundo Oliveira Neto et al., (2016), de modo inevitável, o uso intenso da água para a lavoura afeta negativamente as reservas hídricas. O conhecimento da disponibilidade hídrica e o manejo apropriado da irrigação permitem uma melhor gestão dos recursos hídricos e o retorno econômico dos investimentos realizados.

Um modo de se estudar o efeito da aplicação de água nas culturas é o uso das funções de produção. A função de produção água/cultura apresenta a relação entre a variação da produção da cultura em função da variação do volume de água aplicado sendo que a variável independente “água” pode ser representada pela lâmina de água aplicada durante o ciclo da cultura, evapotranspiração, estado da água no solo, transpiração, principalmente sendo a lâmina de água aplicada a de maior interesse para o usuário da irrigação (Serra et al., 2013).

Diante do exposto, a realização do presente trabalho teve como objetivo obter a curva de função de produção para o café Conilon (*Coffea canephora*),

para região de Campos dos Goytacazes, RJ, em função das lâminas de irrigação aplicadas. Bem como determinar as lâminas que proporcionem a máxima produtividade física (W_{mpi}) e o máximo rendimento econômico (W_{mre}) médias e gerais para a região de Campos dos Goytacazes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do café

Segundo relatos da conhecida Lenda de Kaldi, registrada em manuscritos do lêmên, do ano de 575, o café foi descoberto por um pastor de ovelhas etíope que percebeu o efeito excitante causado nas ovelhas que mascavam as folhas desta planta até então desconhecida, e a partir deste acontecimento passou a utilizá-la como estimulante (Martins, 2012).

A cultura foi trazida para a América pelos holandeses, inicialmente na colônia do Suriname, em 1718. Em 1899, os holandeses levaram-na para locais da Índia, atualmente Indonésia. Para o Brasil, chegou pela fronteira com a Guiana Francesa, em 1727, introduzida no Pará e, em seguida, foi para o Maranhão e regiões sudeste e sul do Brasil. No ano de 1825, o suprimento mundial era feito pela América Central e do Sul, e o Brasil passou a ser o maior exportador de café. A partir desse ano, expandiu-se seu cultivo para 15 estados de diferentes regiões brasileiras, constituindo-se, atualmente, no quinto produto da economia nacional, que responde por mais de 30% da produção mundial (Ferrão et al., 2017).

Ainda de acordo com Ferrão et al. (2015) o café Conilon (*Coffea canephora*) possui duas formas de propagação, uma sexuada, na qual há ocorrência da fecundação cruzada obrigatória, ou seja, os frutos ou sementes

colhidas em uma planta são necessariamente oriundos de cruzamentos dessa matriz com outras plantas próximas a ela que, nesse caso, atuam como progenitores masculinos. E a propagação assexuada, que consiste na formação de clones a partir de um órgão vegetativo da planta mãe. Para multiplicação em escala comercial prevalece, até o momento no Brasil, a estaquia, principalmente por se tratar de uma técnica de grande facilidade operacional.

Segundo Meireles et al. (2007) o café Conilon ou robusta tem aptidão de cultivo em áreas que apresentam temperaturas médias anuais superiores a 23°C e inaptas para regiões com médias anuais de temperatura abaixo de 22°C. Em relação às necessidades hídricas, são consideradas áreas com características favoráveis ao plantio, com altitude inferior a 500 metros, sem impedimentos pedológicos, com déficit hídrico anual inferior 350 mm e temperatura média anual de 22 a 26°C (Rodrigues et al., 2012).

Em relação a fenologia do café Conilon assim como o café a arábica a espécie apresenta dois anos fenológicos que influenciam diretamente na produção, exibido na Figura 1, adaptada de Camargo e Camargo (2001).

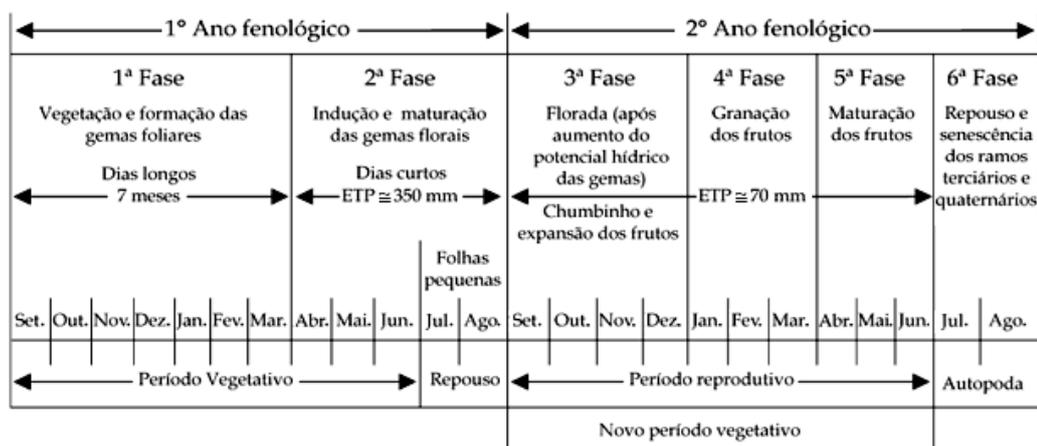


Figura 1. Esquematização das fases fenológicas de café nas condições tropicais do Brasil. ETP – Evapotranspiração potencial.

A cultura do café pode ser tolerante a solos com baixo pH, no entanto a melhor disponibilização de nutrientes para a cultura ocorre na faixa entre 5,8 a 6,2. Para obter uma produtividade acima de 60 sacas por hectare em solos com teor de fósforo médio, recomenda-se a aplicação, em doses de adubo fosfatado,

de $40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, enquanto para solos de baixa fertilidade a recomendação é de $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$. Em solos de baixa fertilidade, a recomendação de aplicação de adubo nitrogenado, durante o primeiro e segundo ano, respectivamente, entre 40 e $60 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ (Oliveira et al., 2012).

2.2. Importância socioeconômica da cafeicultura

A cultura cafeeira apresenta grande importância socioeconômica, propicia um maior desenvolvimento regional e aumento das divisas, de forma a fixar o homem no campo (Simões et al., 2008). O café é considerado um dos mais valiosos produtos primários comercializados e consumido por milhões de pessoas, de forma crescente, movimentando mais de 100 bilhões de dólares por ano (Verdin Filho, 2011).

O café Conilon, de acordo com os dados das séries históricas registradas pela CONAB em 2020, apresenta um crescimento em sua área plantada e produção. Nesse sentido, a produção nacional foi contabilizada em aproximadamente 11, 8, 10, 14 e 15 milhões sacas beneficiadas de café Conilon, nos anos de 2015 a 2019, respectivamente. Para o de 2020 a produção máxima estimada é de 16 milhões sacas de café, ou seja, um incremento produtivo de 5 milhões sacas entre 2015 e 2020 (CONAB, 2020).

Ainda de acordo com dados históricos da CONAB (2020), houve uma redução em relação a área cultivada com café Conilon, dentre os anos de 2015 a 2019, de modo que nos anos de 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019 a área cultivada com café foi contabilizada, respectivamente, em 442 mil, 424 mil, 381 mil, 367 mil e 363 mil hectares de área em produção. Essa redução está associada principalmente ao fato que neste período houve uma grande estiagem no estado do Espírito Santo, maior produtor nacional de café Conilon.

Para o estado do Rio de Janeiro, as condições meteorológicas são consideradas favoráveis ao desenvolvimento da cultura, com distribuição regular e bom volume de chuvas. Contatou-se que o parque cafeeiro apresenta, aproximadamente, 47.734 mil plantas, das quais 4.894,3 mil estão em formação e 42.839,7 mil em produção. A área em produção no estado perfaz 12.241 hectares, representando um aumento de 1,8% quando comparada àquela verificada em 2018. Sobre a área em formação, estima-se um incremento de

0,6% em relação à temporada anterior, totalizando 1.445 hectares (CONAB, 2019).

Segundo a ABIC (2019) o consumo de café no Brasil cresceu 5% em 1 ano. O consumo interno atingiu 21 milhões de sacas entre novembro de 2017 a outubro de 2018, portanto, um crescimento de 4,8%. O consumo per capita está em 6kg de café cru por habitante ao ano, e 4,82 kg de café torrado e moído por brasileiro. Resultado que mantém o Brasil como o segundo maior consumidor de café do mundo. Maior qualidade, produtos diferenciados e novos momentos de consumo explicam o novo retrato da demanda por café no país.

De acordo com os dados CEPEA/ESALQ (2019), o café robusta ou Conilon, após bater recordes no preço da saca nos anos de 2016 a 2017 chegando a valer R\$ 552,28 sc^{-1} em novembro de 2016, enquanto no ano de 2019 a cotação atingiu o valor de R\$ 288,21 sc^{-1} , o que representa uma queda no valor pago pela saca de 47,81%, entre estas safras.

Os altos valores na cotação do café estão, também, relacionados a disponibilidade de água para produção do fruto, uma vez que em anos de déficit hídrico a baixa oferta do produto e alta no preço de venda. Esse fenômeno pode ser verificado, por exemplo, relacionando o preço da saca do café Conilon com os baixos índices pluviométricos entre os anos de 2014 a 2017 no estado do Espírito Santo. Nesse período os índices estiveram abaixo de 900 mm por ano, ou seja, abaixo da média histórica de 1350 mm (INCAPER, 2018).

2.3 Manejo da Irrigação na cafeicultura

Segundo estudos de Pinheiro et al. (2017), no Brasil, bem como em outros países produtores de café, a seca é considerada o principal estresse abiótico capaz de impactar o desenvolvimento e a produção do cafeeiro. A seca afeta a evapotranspiração, a absorção de água pelas raízes, a distribuição do sistema radicular, o tamanho do dossel e as taxas de desenvolvimento dos cultivos. O déficit hídrico é responsável pela queda da produção do cafeeiro, já que a disponibilidade hídrica é um dos principais limitadores da produtividade econômica dos cultivos.

De acordo com Molden (2013) a agricultura, a indústria e o meio urbano consomem, respectivamente, cerca de 70, 20 e 10%, considerando lagos, rios e

águas subterrâneas como fonte de água potável. A retirada total de água doce, no planeta, é estimada em 3.800 quilômetros cúbicos, com 2.700 quilômetros cúbicos para irrigação, ou seja, 70% o que pode variar entre países, estados e municípios.

Na presente década tem-se pensado em reconsiderar as práticas tradicionais de irrigação, e com isso, há uma pressão sobre os agricultores para que aumentem a eficiência de irrigação e alcancem maior produtividade da água. No entanto, algumas técnicas e o manejo geralmente são importados de outros ambientes culturais e institucionais, de modo que sua adaptação às condições locais nem sempre são aceitas pelos agricultores (Pereira et al., 2012).

Para Ferreira (2011) a irrigação pode ser definida como método artificial pelo qual se calcula a quantidade de água a ser aplicada na planta, considerando suas perdas por evapotranspiração, com o objetivo de suprir as necessidades hídricas totais ou suplementares da planta na falta de chuva. O correto manejo da irrigação deficitária consiste em manter elevadas produtividades, mantendo-se acima do nível de deficiência da evapotranspiração da cultura, sem que causem perdas nas produtividades da cultura, buscando crescer a produtividade da água (Geerts e Raes, 2009).

Atualmente, diversos métodos de manejo de irrigação estão sendo estudados para melhorar o uso e eficiência da água, como o uso de diferentes lâminas em sistema de irrigação em gotejo, com base na ET_0 , para avaliar o desenvolvimento de tomateiros (Silva et al., 2018), também a utilização de diferentes regimes de irrigação convencional para verificar a influência na produtividade e qualidade de tubérculos de batata (Mantovani et al., 2018).

Na cultura do café, além do manejo da água tem-se estudado a adubação em conjunto com diferentes lâminas de irrigação a fim de definir o melhor método para aumentar a produtividade e a qualidade do café (Caldas et al., 2018). Além disso, também foi estudado o efeito da utilização de diferentes lâminas de irrigação nas variáveis de desenvolvimento e produção do cafeeiro irrigado por pivô central (Vicente et al., 2015).

2.4 Eficiência no uso da água e produtividade do café

Nos cultivos de lavouras de café, cujo atributo de interesse econômico principal é a produção de grãos, a expressão “produtividade da água”, que é usada para representar a razão entre rendimento de grãos por unidade de evapotranspiração ou por unidade de água usada (chuva + irrigação + variação do armazenamento no solo), por exemplo, em unidades de $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$, presta-se muito bem para o diagnóstico de que, em muitas situações, a oferta hídrica, poderia, via práticas de manejo dos cultivos, ser melhor utilizada na gestão da produção (Hall e Richards, 2013; Sadok e Sinclair, 2011).

Quando se trata da produtividade do cafeeiro em relação ao balanço hídrico, diversos autores relatam uma boa produtividade e desenvolvimento da cultura mesmo com lâminas de irrigação abaixo da evapotranspiração da cultura (ET_c), de modo a possibilitar o uso eficiente da água (Almeida et al., 2017; Almeida et al., 2019; Vicente et al., 2015; Vicente et al., 2017). Nesse aspecto, a estimativa da produtividade de áreas irrigadas tem papel essencial na determinação da eficiência do uso da água, relacionando a produção de biomassa seca ou a produção comercial com a quantidade de água aplicada ou evapotranspirada pela cultura (Souza et al., 2011).

A eficiência no uso da água, do termo em inglês “Water Use Efficiency” (WUE) é um índice muito utilizado para a avaliação do uso da água pelas culturas. Geralmente, a WUE é determinada pela relação entre a produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e a quantidade de água utilizada pela planta (mm). Dentre as técnicas adotadas para elevar o índice de eficiência no uso da água em agricultura irrigada o emprego da irrigação localizada com o fornecimento de água com alta frequência e em baixo volume, além de uma aplicação apenas na área de efetiva absorção pelo sistema radicular, tem-se mostrado adequado na elevação desse índice (Vicente et al., 2015).

2.5 Função de produção

Economicamente, uma irrigação ótima resulta em menores lâminas aplicadas em relação à irrigação plena, com conseqüente contração da produtividade da cultura, no entanto com algumas vantagens expressivas. Os potenciais benefícios dessa técnica ocorrem de três fatores: aumento da eficiência da irrigação, redução dos custos da irrigação e redução dos riscos

agregados aos impactos ambientais adversos da irrigação plena (Figueiredo, 2007).

Dentre os fatores de produção das culturas, os fertilizantes e a água são aqueles que restringem os rendimentos com maior frequência. Desse modo, o manejo da fertilidade do solo e o manejo da irrigação constituem critério preponderante para o sucesso na produção agrícola. A utilização de funções de produção possibilita encontrar soluções úteis na otimização do uso da água e dos fertilizantes na agricultura ou na previsão de rendimento das culturas (Lyra, 2008).

A avaliação econômica da irrigação geralmente envolve a quantificação da produtividade em resposta à lâmina total de água aplicada. A caracterização da resposta da cultura à aplicação de água tem sido amplamente conhecida como Função de Produção Água-Cultura (Sousa et al., 1999).

De acordo com Vieira et al. (2012), define-se como função de produção a relação técnica entre um conjunto específico de fatores envolvidos num processo produtivo qualquer e a produtividade física possível de se obter com a tecnologia existente. A produtividade de uma cultura é função de complexos processos biológicos, fisiológicos, físicos e químicos, os quais são determinados pelas condições ambientais (clima, solo e água) e por fatores genéticos da própria cultura. Uma função de produção “água-cultura” típica é quando se relaciona a lâmina de água aplicada durante o ciclo da cultura versus a produtividade comercial (Bernardo, 2006).

Embora a evapotranspiração seja o parâmetro hídrico atrelado mais diretamente ao rendimento das culturas, o volume de água aplicado via irrigação é a variável independente mais interessante aos engenheiros, aos economistas e aos irrigantes, uma vez que ao conhecer a relação entre rendimento e água aplicada possibilita estabelecer o consumo ótimo econômico de água durante o ciclo de cultivo (Stewart e Hagan, 1973).

Segundo Gardner e Gardner (1983), geralmente, quando define-se a variável água como lâmina de irrigação, não são inclusas a água armazenada no solo e a precipitação. Em virtude disso, alguns gráficos interceptam a ordenada, no qual o rendimento seria em virtude da água armazenada no solo pelas chuvas. Entretanto, quando se define como variável a água total aplicada durante o ciclo da cultura, ou seja, chuva + irrigação, normalmente a curva intercepta o eixo das abcissas em algum valor maior do que zero. Esse valor indica a quantidade de

água que a planta necessita consumir para produzir um volume de matéria seca inicial antes de começar a produção comercial.

De acordo com Hargreaves e Samani (1984), a função de produção água aplicada à cultura pode ser classificada como linear até aproximadamente 50% do volume de água que promove o máximo rendimento. Para quantidades maiores de água, os ganhos na produção são progressivamente inferiores, mostrando as várias perdas de água que ocorrem próximo da condição de máximo rendimento.

A irrigação então torna-se menos eficiente quanto maior o volume de água aplicado se aproxima da condição de máximo rendimento. O decréscimo na eficiência está relacionado com a frequência de irrigação, com a lâmina, com as características do solo e cultura e com as condições climáticas. A curva aplicada [f(W)] está próxima da reta de transpiração [f(T)] para pequenas lâminas de irrigação, mas tende a se afastar progressivamente quanto maior for a lâmina de irrigação, conforme ilustrado na Figura 2 (English, 1990).

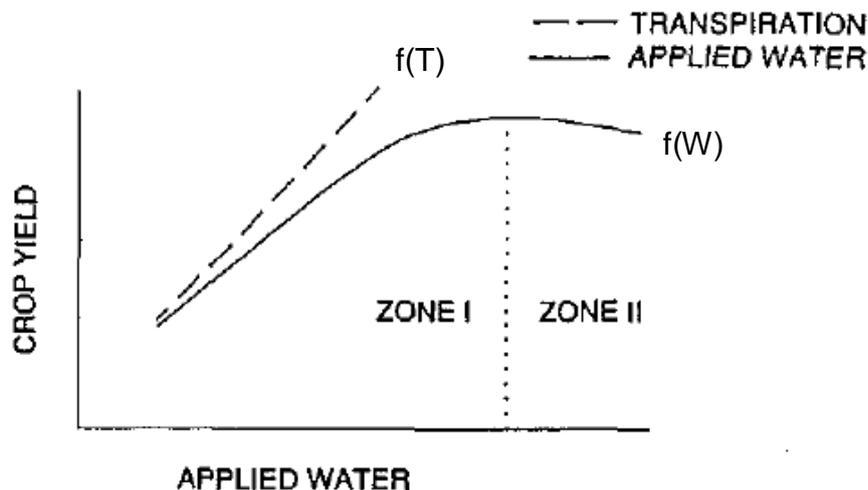


Figura 2. Comportamento geral de uma Função de produção de uma cultura. Fonte: Adaptado de (English, 1990).

Segundo Barros (2009), considerando-se que a receita bruta é igual à produção da cultura multiplicada pelo preço do produto, as funções de produção e de receita bruta têm a mesma forma geral. Conforme apresentado na Figura 3, o ponto W_m representa a máxima produção por unidade de área, portanto, este também é o ponto que maximiza a receita bruta.

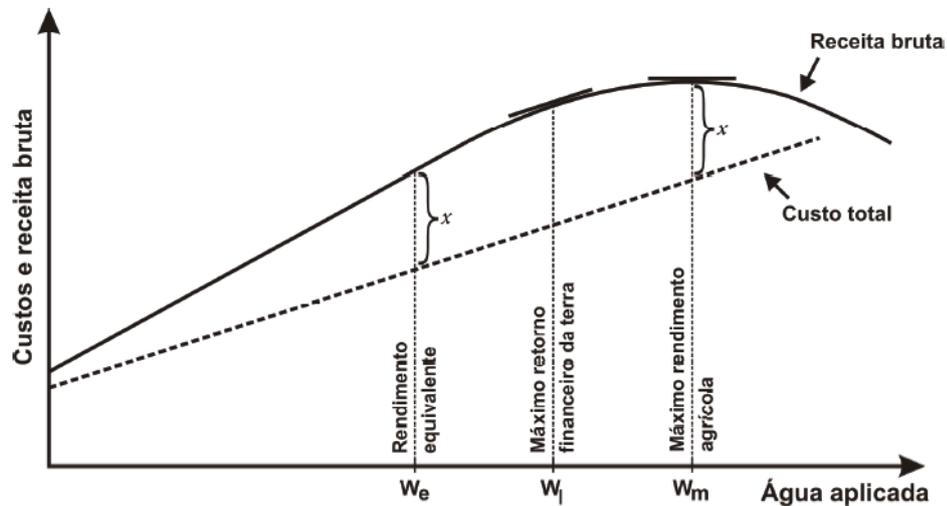


Figura 3. Receita bruta e custo em função da lâmina de água. Fonte: Barros (2009).

Portanto, se a terra é limitada, a melhor estratégia para a irrigação é aplicar um volume de água que maximize o rendimento líquido proveniente de cada unidade de terra (hectare), logo, maximizar a diferença entre as funções da Figura 3. Esse montante, apresentado como W_l na Figura 2, será inferior a W_m , desde que as duas curvas sejam divergentes no lado esquerdo a W_m . Se mais água é acrescentada do que W_m , a receita líquida será reduzida, conforme demonstrado na convergência das funções à direita de W_m (Barros, 2009).

De acordo com a teoria dos incrementos marginais decrescentes, descrita por Bilas (1993) e Silva et al. (2002), no primeiro estágio de produção (I), o produto físico médio (P_{FME}) é sempre crescente, o produto físico marginal (P_{FMA}) é sempre maior que o P_{FME} e ambos são positivos. O produto físico total (P_{FT}), por sua vez, apresenta-se crescente e a elasticidade de produção é maior que a unidade. Esse estágio é considerado um estágio irracional de produção, pois os insumos são alocados ineficientemente. Maior produtividade média poderia ser atingida pelo maior uso desse insumo.

Ainda em acordo com a teoria, no terceiro estágio de produção (III), o P_{FT} e o P_{FME} são decrescentes, o P_{FMA} é negativo e a elasticidade de produção é menor que zero. Esse estágio também é considerado um estágio irracional de produção, uma vez que o emprego de unidades adicionais do insumo variável

resultaria na redução do P_{FT} , isto é, no crescimento do custo e sua redução da receita.

O segundo estágio de produção (II), entretanto, é caracterizado por apresentar P_{FME} e P_{FMA} decrescentes e positivos. Nesse estágio de produção, o P_{FME} é sempre superior ao P_{FMA} , e a elasticidade de produção está entre 0 e 1. Esse é considerado o estágio racional de produção. O limite entre o primeiro e o segundo estágios ocorre onde o P_{FME} é máximo, isto é, quando o $P_{FME} = P_{FMA}$. Nesse ponto, a elasticidade de produção é igual a 1. Já o limite entre o segundo e o terceiro estágios acontece onde o P_{FT} é máximo e o P_{FMA} é nulo. Nesse ponto, a elasticidade de produção é zero, conforme demonstrado na Figura 4 (Bilas, 1993; Silva et al., 2002).

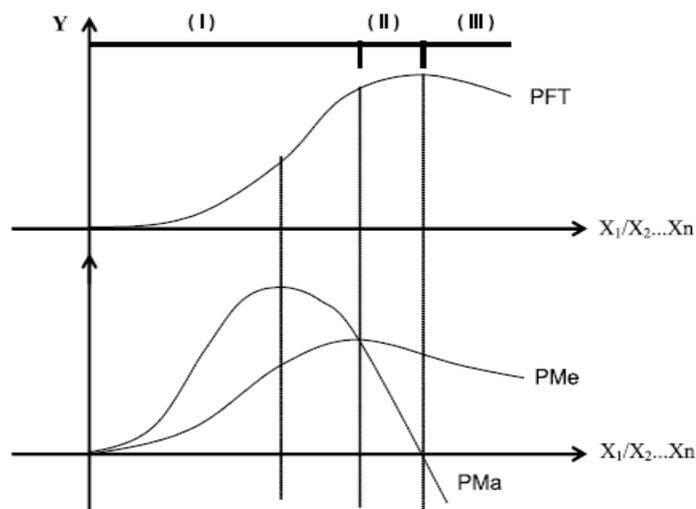


Figura 4. Os três estágios da função de produção clássica. Fonte: Bilas (1993). PFT – Produto Físico Total; PMe – Produto Físico Médio; PMA – Produto Físico Marginal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido em um campo de cultivo já existente na área pertencente à estação agrometeorológica da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, localizada nas dependências do Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos (CEPEAA), da Estação Experimental da PESAGRO-RIO, em Campos dos Goytacazes, RJ em coordenadas geográficas 21° 24' 48" de latitude Sul e 41° 44' 48" de longitude Oeste e 14 m de altitude, referidas ao Datum WGS 1984.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é classificado com Aw, isto é, clima tropical úmido, com verão chuvoso, inverno seco e temperatura média do ar no mês mais frio superior a 18°C. Segundo a última Normal Climatológica do Município (1981-2010), a temperatura média situa-se em torno de 24,4°C, com uma precipitação média anual de 1007,5 mm, sendo comum a presença de veranicos nos meses de janeiro e fevereiro (INMET, 2020).

Para estimativa do desenvolvimento agrônomico e da produção do cafeeiro, assim como, das condições agrometeorológicas locais, foi realizada a

coleta e processamento dos dados meteorológicos obtidos na estação meteorológica da UENF, localizada na área do experimento. Dados da radiação solar incidente, radiação líquida, temperatura e umidade relativa máxima e mínima do ar, precipitação pluviométrica, velocidade e direção do vento, dentre outros, foram obtidos em uma estação micrometeorológica, observados a cada minuto e armazenados em valores médios de 15 minutos em um coletador de dados (datallogger CR1000, da Campbell Sci - USA).

O solo da área experimental apresenta topografia plana e foi classificado como Neossolo flúvico Tb distrófico, segundo o sistema brasileiro de classificação de solo da EMBRAPA (1999).

3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, composto pelo fator lâminas de água (0, 25, 50, 100 e 125% da ET_0). O espaçamento utilizado foi de 2,5 m entre linhas e 1,5 m entre plantas na linha, totalizando uma área de 22,5 m² por subparcela e área útil da subparcela com 15 m². Cada subparcela constituiu-se de seis plantas, sendo as duas das extremidades consideradas bordaduras, conforme apresentado na Figura 5.

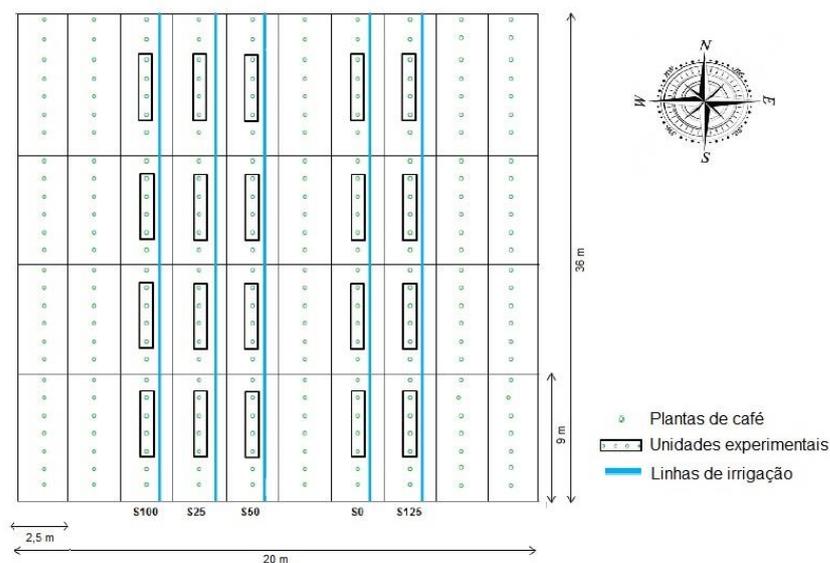


Figura 5. Croqui do arranjo das plantas e mangueiras de irrigação na área experimental da cultura de café Conilon, PESAGRO, Campos dos Goytacazes, RJ. Fonte: Adaptado de Gottardo (2016).

As fontes de variação bem como os graus de liberdade para o modelo de parcelas subdivididas utilizado no trabalho estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Modelo de Análise de Variância para Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) com Respectivos Graus de Liberdade

FV	GL	SQ	QM	F
Bloco	j - 1	SQBlocos	QMBlocos	
Tratamento	i - 1	SQTratamento	QMTratamento	QMTratamento/QMResíduo
Resíduo	(j - 1) (i - 1)	SQResíduo	QMResíduo	
Total	(ij - 1)	SQTotal		

j = Blocos; i = níveis de Lâmina da ET₀

O modelo estatístico do delineamento em blocos casualizados pode ser representado pela Equação 1:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Em que:

Y_{ij} - valor observado para a variável em estudo referente ao tratamento i no bloco j;

μ - média geral;

T_i - efeito do tratamento i no valor observado Y_{ij} ;

B_j - efeito do bloco j no valor observado Y_{ij} ;

ε_{ij} - resíduo ou erro aleatório associado à observação Y_{ij} ;

Para cálculo do valor estimado da produtividade substituiu-se na equação polinomial de segundo grau gerada os valores obtidos pela cálculo da lâmina de água aplicadas em cada tratamento.

Os genótipos utilizados foram clones da variedade Vitória: o clone 02 com ciclo precoce, e os clones polinizadores nas bordaduras P2 (ciclo médio), com idade de 24 meses, no início das avaliações. A aplicação de corretivos e adubos químicos foi realizada com base na análise química do solo, conforme Prezotti (2014) e, os tratos culturais e fitossanitários seguindo as recomendações para a cultura.

3.3 Manutenção do experimento e condução das plantas

Para fins de praticidade no experimento, utilizou-se de emissores com diferentes vazões para facilitar o manejo durante a irrigação, podendo irrigar todo o experimento de uma só vez, sendo o controle das lâminas aplicadas realizado em função das vazões dos emissores. Para reposição da lâmina com 25% da ET_0 foi utilizado um emissor com vazão de $2,5 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$; já para lâmina com 50% da ET_0 foram utilizados dois emissores com vazão $2,5 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$; para lâmina com 100% da ET_0 foram utilizados dois emissores com vazão de $4 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ e para uma lâmina de 125% da ET_0 foram utilizados dois emissores com vazão de 2,5 e $8 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ respectivamente.

Para fins de cálculo do tempo de irrigação necessário à aplicação de acordo com o percentual de ET_0 , foram considerados gotejadores semelhantes de menor vazão dentre os modelos utilizados, ou seja $2,5 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$, para todos os tratamentos, o espaçamento e vazão dos gotejadores conforme apresentado na Equação 2, descrita por Bernardo, Soares e Mantovani (2006) e adaptada por Lima Junior et al. (2011).

$$T_i = \frac{L_i \cdot S_p \cdot S_{lp}}{e \cdot q} \quad (2)$$

Em que:

T_i – tempo de irrigação para cada tratamento, em horas;

L_i – lâmina de água a ser aplicado por tratamento, em mm;

S_p – espaçamento entre plantas, em m;

S_{lp} – espaçamento entre linhas de plantas, em m;

e - Número de emissores por planta;

q – vazão média do emissor, em $\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$.

As lâminas de irrigação foram determinadas em função da evapotranspiração de referência (ET_0), calculada a partir do método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998), parametrizado por FAO 56 (Equação 3) com dados coletados na estação meteorológica localizada junto à área do plantio.

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta (Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34U_2)} \quad (3)$$

Em que ET_0 é a evapotranspiração de referência ($\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$); Δ é a declividade da curva de pressão de vapor ($\text{kPa}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$); Rn a radiação líquida total diária ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$); G o fluxo de calor no solo ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$); γ a constante psicrométrica ($\text{kPa}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$); T a temperatura média do ar ($^\circ\text{C}$); U_2 a velocidade média do vento medido a 2 m de altura ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$); e_s a pressão de saturação de vapor de água (kPa) e e_a pressão atual de vapor de água (kPa).

Posteriormente foi aplicada água com base no K_c atual da cultura, em que o K_c varia entre 0,7 e 0,8, do valor de ET_0 sendo aplicado K_c igual a 0,7 no período de julho de 2015 a janeiro de 2016, e posteriormente adotou-se K_c igual a 0,8 até o fim da condução deste experimento.

A necessidade de calagem foi determinada pelo Método de Saturação por Bases (SB) e visou atingir o valor de 70%, sendo o calcário dolomítico aplicado superficialmente 90 dias antes do plantio. A adubação foi realizada dentro do sulco, em covas, com adição de 200 g de superfosfato simples, cinco litros de esterco de curral e 20 g do formulado com micronutrientes FTE - BR12, cuja composição por kg é de 18 g de B; 8,0 g de Cu; 30 g de Fe; 30 g de Mn; 1,0 g de Mo e 90 g de Zn. As adubações subsequentes foram realizadas conforme a recomendação para cultura (Prezotti et al., 2014) e com base na análise de solo.

Os tratos culturais e fitossanitários foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro. Realizou-se controle químico para pragas e doenças de forma preventiva, utilizando-se o produto Actara, em dosagem única de $150 \text{ g}\cdot 20 \text{ L}^{-1}$ água, com aplicação de 50 ml da solução em cada planta, via solo. Para o controle da ferrugem foi aplicado o fungicida Ópera $1,5 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, também em dosagem única, via foliar. Em relação ao controle de plantas daninhas, este foi realizado por meio de capina manual.

3.4 Modelagem da função de produção e cálculo de produtividade.

Os dados de produtividade ($\text{sc}\cdot\text{ha}^{-1}$) foram obtidos por meio de resultados da colheita dos frutos, durante quatro anos consecutivos nas safras de 2016,

2017, 2018 e 2019, nas áreas pré-determinadas, e pesadas na balança do Laboratório de Engenharia Agrícola (LEAG) - UENF. As colheitas ocorreram no período seco, com poucas chuvas, entre os meses de final de maio a início de agosto, para os ciclos de 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019, considerando um ciclo entre os meses de junho a julho do próximo ano.

Para estimar a produtividade total em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, foi utilizada a Equação 4, com intuito de colocar em equivalência as unidades de medida das variáveis avaliadas.

$$Y = Y_{sc} \cdot 60 \quad (4)$$

Em que:

Y - produtividade total da cultura, em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$;

Y_{sc} – produtividade total em sacas por hectare;

A relação entre as variáveis dependentes (produtividade) e as independentes (lâmina de água aplicada) foi obtida por análise de regressão do tipo polinomial de segundo grau, conforme a Equação 5 sugerida por Frizzone e Andrade Junior (2005).

$$Y = a + b \cdot W + c \cdot W^2 \quad (5)$$

Em que:

Y – produtividade da cultura ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$);

W – lâmina total aplicada (mm);

a, b, c – coeficientes de ajuste da equação de regressão.

Para determinar a produtividade máxima, em relação à lâmina aplicada, deve-se derivar a Equação 5, igualando-se o resultado a zero, como apresentado nas Equações 6 e 7 (Vieira et al., 2014).

$$\frac{\sigma Y}{\sigma W} = b + 2 \cdot c \cdot W = 0 \quad (6)$$

$$W_{mpf} = -\frac{b}{2 \cdot c} \quad (7)$$

Em que:

W_{mpf} – lâmina que resulta na máxima produtividade física (mm);

Conforme a metodologia descrita por Vieira et al. (2014) e Lyra et al. (2008), para determinar a lâmina de irrigação recomendável para a cultura do café conilon que produza o ponto ótimo de rendimento econômico (W_{mre}) foi estimado, inicialmente, o rendimento (lucro) em relação à lâmina aplicada, utilizando a função representada pela Equação 8 e, em seguida, substituindo-se a Equação 7 na Equação 9 resultando na Equação 10.

$$L(w) = P_y \cdot Y - (P_w \cdot W + C) + e_i \quad (8)$$

$$\frac{\sigma L}{\sigma W} = \frac{\sigma Y}{\sigma W} P_y - P_w \quad (9)$$

$$W_{mre} = \frac{P_w - b \cdot P_y}{2 \cdot c \cdot P_y} \quad (10)$$

Em que

W_{mre} - lâmina de máximo rendimento econômico, em mm;

a, b e c - coeficientes de ajuste da Equação de regressão;

L - rendimento (R\$·ha⁻¹);

P_y - preço do produto (R\$·kg⁻¹);

P_w - preço da água de irrigação (R\$·mm⁻¹·ha⁻¹);

C - custos fixos do sistema de irrigação para os anos em estudo (R\$·ha⁻¹).

O preço do produto (P_y) foi obtido por meio dos valores arrecadados com a venda e cotações do Centro do Comércio do Café de Vitória - CCCV, considerando-se a média dos preços mensais praticados durante as safras de 2016 a 2019.

Entretanto, deve-se considerar os de comercialização. Segundo a COOABRIEL, cooperativa de café Conilon do norte do estado do Espírito Santo, estes custos relacionados ao transporte (frete), seguro de carga, sacaria e taxa

fixa de 1,5% para o Funrural, devendo ser descontados 7% do valor da cotação para cálculo de P_y .

Entretanto outros autores obtiveram valores acima dos estimados pela cooperativa. Oliveira e Teixeira (2010) estimaram que. O valor recebido pelo produtor foi aproximadamente 10% menor que o preço de venda, devido aos custos administrativos, de modo que esse percentual é fracionado entre 25% devido ao transporte, 15% custos de armazenagem, 13% taxa de porto, 10% devido ao câmbio e 4% da sacaria.

Ainda em pesquisa realizada por, na região da Etiópia, para a cultura do café Conilon, os autores Gachena e Kebebew (2014) coletaram dados que mostram que a diferença entre o preço pago ao produtor e ao vendedor final (atacadista) chega a ser de até 33, 58% menor. A maior parte dos custos de comercialização de pós colheita são devidos ao transporte, taxas e impostos, e, processamento, que representam 41,1%, 18,4% e 8,5% dos custos, respectivamente.

Em trabalhos mais recentes Silveira et al. (2020), traz o valor recebido pelo produtor, considerando o desconto da taxa de administração da cooperativa, que equivale a um desconto na faixa de 21, 51%, uma vez que o preço de comercialização atingiu o preço de R\$547,86 sc^{-1} e o preço pago ao produtor com descontos foi de R\$430 sc^{-1} .

Portanto, devido a diversidade entre dados coletados, utilizou-se uma média de 18,09% de desconto no preço da saca paga ao produtor. Obtendo-se os valores de R\$302,74, R\$348,35, R\$255,57 e R\$233,86 para as safras de 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente, e valores de P_y equivalentes a 5,05 R\$.kg⁻¹, 5,81 R\$.kg⁻¹, 4,26 R\$.kg⁻¹, 3,90 R\$.kg⁻¹, nesta mesma ordem. A média geral para o período do experimento foi de R\$285,13 a saca do café conilon e P_y equivalente a 4,75 R\$.kg⁻¹.

Para estimativa do fator preço da água (P_w) considerou-se a soma dos custos de energia elétrica (CE) para funcionamento da motobomba e o custo gerado pela tarifa de água (TA).

No cálculo dos custos com energia elétrica (CE) foi aplicada a Equação 11, conforme Osti et al. (2017) respeitando o tempo de funcionamento da irrigação em cada tratamento e preço do kwh cobrado, na categoria Rural Irrigante – B2, de acordo com a Tabela 2 disponibilizada pela companhia

fornecedora de energia elétrica, Enel Brasil, para do município de Campos dos Goytacazes.

$$CE = T_i \cdot F_m \cdot P_{kw} \quad (11)$$

Em que

CE – Custo com energia elétrica, em R\$;

T_i – Tempo de irrigação, em horas;

F_m – Potência do motor, em Kw;

P_{kw} – Preço cobrado do Kwh, em R\$ por Kwh⁻¹

Tabela 2. Preços médios anuais, praticados na cobrança do Kwh no município de Campos dos Goytacazes

Ciclo	Bandeira verde	Bandeira Amarela	Bandeira Vermelha
2015/16	R\$ 0,15797 Kwh	R\$ 0,16264 Kwh	R\$ 0,17041 Kwh
2016/17	R\$ 0,155384 Kwh	R\$ 0,159973 Kwh	R\$ 0,167622 Kwh
2017/18	R\$ 0,173902 Kwh	R\$ 0,179038 Kwh	R\$ 0,201789 Kwh
2018/19	R\$ 0,196 Kwh	R\$ 0,201789 Kwh	R\$ 0,211437 Kwh
Média geral	R\$ 0,20314 Kwh	R\$ 0,20914 Kwh	R\$ 0,21914 Kwh

Fonte: Adaptado de Enel Brasil.

Nos cálculos da tarifa de água (TA) foram considerados o valor de captação de água por m³ (C_w) e a lâmina de água captada para cada tratamento (W), conforme a Equação 12.

$$TA = C_w \cdot W \quad (12)$$

Em que

C_w – Custo da captação de água, em R\$.m⁻³;

W – lâmina total aplicada, em mm.

A partir dos valores estabelecidos pelo Instituto Estadual do Ambiente – INEA, calculados conforme a Equação 13, que considera os custos com

captação, consumo e diluição de efluentes (DBO) foi obtido o valor de captação de água por m³ (Cw).

$$Cw = Q_{cap} \cdot K_0 \cdot PPU + Q_{cap} \cdot K_1 \cdot PPU + [Q_{cap} \cdot (1 - K_1) \cdot (1 - K_2 \cdot K_3)] \cdot PPU \quad (13)$$

Em que

Cw – Custo do volume da água captado, em R\$ m⁻³;

Q_{cap} – volume captado durante um ano (m³ ano⁻¹) informado no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos – CNARH;

K₀ – multiplicador de preço unitário para captação; o valor atual é 0,4;

K₁ – coeficiente de consumo para atividade do usuário em questão, ou seja, a relação entre o volume consumido e o volume captado, que corresponde à parte do volume captado que não retorna ao ambiente;

K₂ – percentual do volume de efluentes tratados em relação ao volume total de efluentes produzidos ou índice de cobertura de tratamento de efluentes doméstico ou industrial, ou seja, a relação entre a vazão efluente tratada e a vazão efluente bruta;

K₃ – coeficiente que expressa o nível de eficiência de redução de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) na Estação de Tratamento de Efluentes, calculado a partir das informações cadastradas no CNARH;

PPU – Preço Público Unitário correspondente à cobrança pela captação, pelo consumo e pela diluição de efluentes, para cada m³ de água captada em R\$ m⁻³. Estes valores são definidos em cada Comitê de Bacia e podem variar de acordo com os diferentes usos.

O valor de Cw, ou seja, preço praticado atualmente pelo consumo do m³ da água, por consumidores com o uso da água classificado como irrigação, na Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana, a qual pertence o local de estudo, é de R\$ 0,00129 m⁻³, conforme calculado pela Equação 22 e dados do INEA.

Do somatório dos valores calculados para os fatores CE e TA obteve-se os valores dos fatores P_w para cada ciclo de cultivo, sendo 2,45 R\$.mm⁻¹.ha⁻¹ para o ciclo 2015/16, 2,89 R\$.mm⁻¹.ha⁻¹ para o ciclo 2016/17, 2,84 R\$.mm⁻¹.ha⁻¹ para o

ciclo 2017/18 e 2,90 R\$.mm⁻¹.ha⁻¹ no ciclo referente aos anos de 2018/19. A média geral para o valor do fator P_w equivalente a R\$ 2,82 R\$ mm⁻¹ ha⁻¹.

Os custos fixos de irrigação (C), para os anos agrícolas em estudo, foram obtidos a partir do valor de aquisição do equipamento, dividido pela sua vida útil de 10 anos (Cunha et al., 2012) e pela área irrigada de 1 (um) hectare, somando-se ao custo de mão de obra empregado a irrigação.

Os valores de compra dos equipamentos foram consultados junto à loja de produtos e instrumentos agrícolas da região de Campos dos Goytacazes. Foram computados os custos fixos de depreciação dos componentes do sistema (DC) e dos juros sobre o capital investido (JC). Para o cálculo dos custos de depreciação dos equipamentos, foi utilizada a Equação 14 (Vieira al., 2014).

$$DC = \frac{[(VAC) - (0,15VAC)]}{VU} \quad (14)$$

Em que

DC – Depreciação do componente do sistema, em R\$;

VAC – Valor de aquisição do componente, em R\$;

0,15VAC – Valor residual de sucata, em R\$;

VU – Vida útil, em anos.

O valor residual de 0,15 ou 15% do valor de compra do componente e a vida útil dos instrumentos do sistema foram obtidos conforme revisão e dados contidos no trabalho realizado por Cunha et al. (2012).

O custo de oportunidade foi calculado de modo a representar o custo dos juros do mercado financeiro sobre o capital investido, conforme método realizado por Vieira et al. (2014). O custo dos juros sobre o capital investido (JC) foi calculado considerando-se uma taxa de 4,5% a.a, aplicado sobre o valor de aquisição dos equipamentos, conforme demonstrado na Equação 15.

$$JC = TAJ \cdot VAE \quad (15)$$

Em que

JC – Juros sobre o capital investido, em R\$;

TAJ – Taxa anual de juros, em %;

VAE – Valor de aquisição dos equipamentos, R\$;

Com os dados de produtividade obtidos em condição de campo e os custos relacionados à irrigação do café conilon, foram calculadas as lâminas para obtenção da máxima produtividade física (W_{mpf}) e lâmina de máximo rendimento econômico (W_{mre}), considerando-se a produtividade dos grãos.

É importante ressaltar que os dados de custo fixo foram obtidos por meio de valores empíricos da região e também a partir de planilhas adquiridas junto ao INCAPER de Alfredo Chaves - ES (Apêndice A), COOXUPÉ de Guaxupé – MG (Apêndice B) e EMBRAPA Rondônia (Apêndice C).

Os valores obtidos nas repetições foram submetidos à análise de variância e posteriormente, elaboradas regressões lineares e polinomiais quadráticas, conforme a variável. Os coeficientes encontrados para as equações de regressão foram submetidos ao teste t, com posterior correção, considerando-se o Quadrado Médio do Resíduo e os Graus de Liberdade da ANOVA e o Quadrado Médio Independente da Regressão. Foram adicionados os Intervalos de Confiança da Regressão, ao nível de 95% de probabilidade.

Para comprovar os valores de W_{mpf} e W_{mre} , foram calculados o produto físico marginal (P_{FMA}) e a relação P_w/P_y , utilizando as Equações 16 e 17, nesta ordem. De acordo com Lima Junior et al. (2011), quando os valores de P_{FMA} e da relação P_w/P_y equivalem a zero, tem-se a máxima produtividade física e máxima eficiência econômica, respectivamente.

$$\frac{\partial Y}{\partial W} = P_{FMA} = b + 2 \cdot c \cdot W \quad (16)$$

$$W_{mre} = 0 = P_{FMA} \cdot P_y - P_w \quad (17)$$

Em que

P_{FMA} – Produto físico marginal;

W – Lâmina de água aplicado, em mm;

b, c - coeficientes de ajuste da equação de regressão;

P_y - preço do produto (R\$·kg⁻¹);

P_w - preço da água de irrigação (R\$·mm⁻¹·ha⁻¹);

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados climáticos mensais da região durante o período experimental

Após a coleta e tabulação dos dados climáticos obtidos com uso da estação meteorológica presente na área do experimento, foram plotados os Gráficos 1, 2 e 3 nos quais são exibidos os resultados obtidos com a análise das médias das variáveis climáticas locais, para o período de 2016 a 2019.

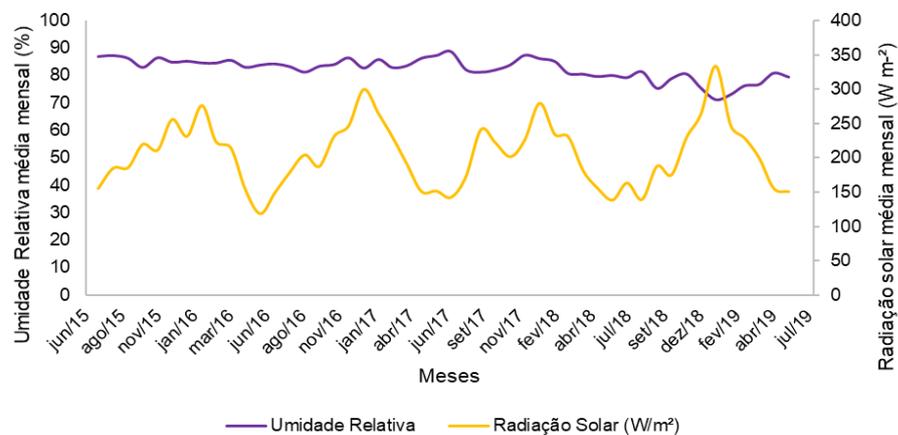


Gráfico 1. Médias mensais de Umidade Relativa do ar e Radiação Solar para os anos de 2016 a 2019.

A partir da observação do Gráfico 1, pode-se perceber uma redução da umidade relativa do ar média mensal a partir da metade do ano de 2017 até o fim do período experimental em julho de 2019.

Umidades relativas do ar menores tendem a aumentar a evapotranspiração, uma vez que reduzem a saturação do ar. Segundo Arve et al. (2011) a umidade relativa do ar interfere no controle de abertura e fechamento estomático, dessa forma, também influenciando na assimilação de CO₂ e conseqüentemente no crescimento da planta.

Outro dado importante a ser observado no Gráfico 1 que nos ciclos de cultivo 2015/16 e 2016/17 a radiação solar incidente mensal é regular e padrão conforme a Normal Climatológicas para a região de Campos dos Goytacazes. Entretanto, no ciclo de cultivo de 2017/18 houve tendência de uma menor radiação solar incidente, principalmente entre os meses de novembro de 2017 a fevereiro de 2018. Além disso, o ciclo de 2018/19 apresenta o maior pico de radiação solar incidente, no mês de janeiro com 334,10 W·m⁻², assim como também apresentando valores mais elevados em outros meses do que nos ciclos antecedentes.

De acordo com Oliveira Aparecido et al. (2017) a Radiação Solar é uma das variáveis climáticas mais críticas para a produção agrícola, juntamente com a temperatura e precipitação. Enquanto a variação da temperatura do ar e variação da chuva tem maior efeito sobre a fenologia e a produtividade do cultivo do café, a radiação fornece a energia para a fotossíntese necessária para o rendimento das culturas.

Não somente a radiação solar, mas também a associação desta com a temperatura ambiente, ocasiona grande impacto não só na produtividade da cultura mas também na qualidade dos grãos e assimilação de nutrientes, conforme descrito por Deng et al. (2015) em trabalho realizado na cultura do arroz.

Ao analisar a variável Radiação Solar, pode-se perceber a alta incidência de luz sobre as plantas, no entanto não considerou-se este fator como limitante na produção, uma vez que, segundo Cavatte et al. (2013) em diversas regiões do mundo, a cafeicultura foi estabelecida em regime de sombra, mas no Brasil, o modelo predominante é o cultivo a pleno sol, logo, o melhoramento genético do café foi direcionado para a adaptação da planta a condições de cultivo solteiro.

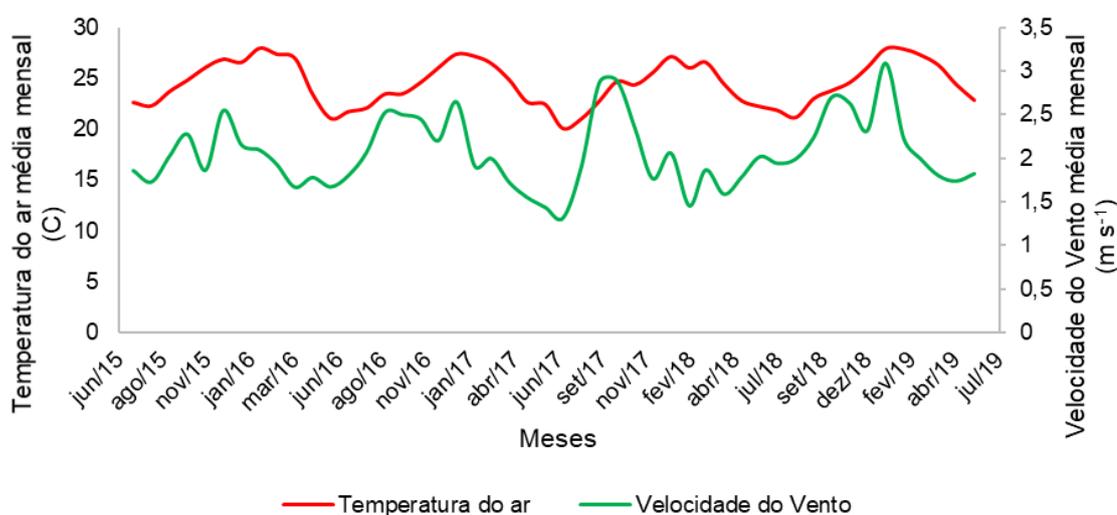


Gráfico 2. Médias mensais de Velocidade do Vento e Temperatura do ar para os anos de 2016 a 2019.

A observar o Gráfico 2, pode-se perceber um padrão recorrente na região do experimento relacionado a velocidade do vento, apresentando maiores valores, entre 2 a 2,8 m·s⁻¹, para os meses de setembro a janeiro de cada ciclo de cultivo e velocidades mais amenas abaixo de 1,9 m·s⁻¹ dentre os meses de março a agosto. Apesar da cidade de Campos dos Goytacazes apresentar baixas altitudes (14 m) a velocidade média do vento oscilou entre 0,95 e 2,8 m·s⁻¹.

De acordo com Camelo et al. (2016) a classificação apresentada na escala de Beaufort, esta faixa indica uma “brisa leve”, o que não causa danos significativos a produção. Para que ocorram prejuízos na produtividade do café os ventos deveriam concentrar-se na faixa entre 3,3 a 7,9 m·s⁻¹, que correspondem a “brisa fraca” e “brisa moderada”, também segundo a classificação proposta por Beaufort, podendo ocasionar queda de frutos e folhas, bem como redução da umidade foliar.

Em relação a temperatura do ar, também exibida no Gráfico 2, observa-se que o aumento da radiação solar é acompanhado pelo aumento da temperatura ambiente, e conseqüente aumento da velocidade do vento. Dessa forma, há também uma elevação na evapotranspiração de referência, conforme exibido no Gráfico 3.

Na análise do Gráfico 2 verifica-se que a temperatura média mensal, durante o período do experimento mínima de 21,04°C e máxima de 27,9°C, com

média anual dos ciclos um pouco acima da Normal Climatológica de 24,4°C, no entanto na maioria dos meses apresentou esteve dentro da média recomendada de 22 a 26°C, conforme Ferrão et al. (2017).

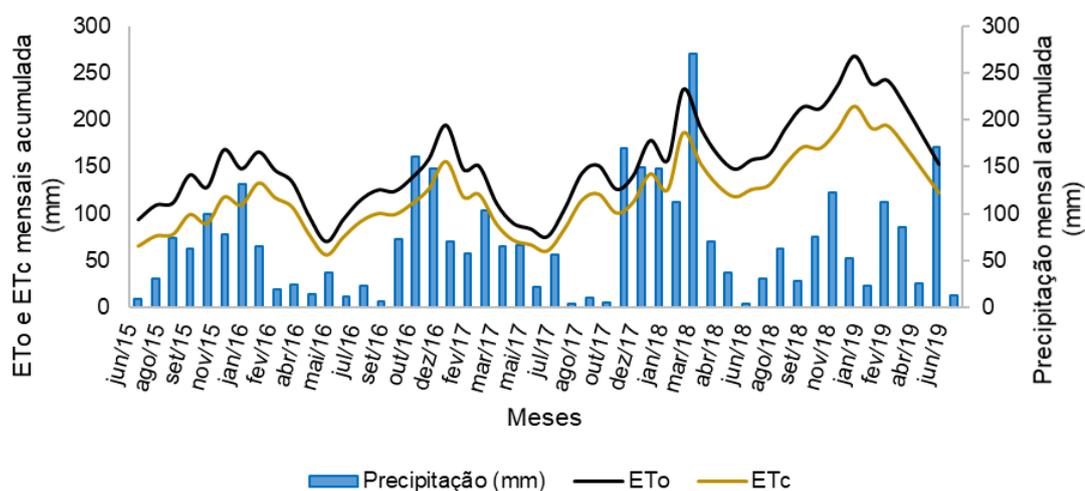


Gráfico 3. Valores acumulados mensais de Evapotranspiração de Referência, Evapotranspiração da Cultura e Precipitação para o os anos de 2016 a 2019.

Ao avaliar os resultados exibidos no Gráfico 3, pode-se visualizar um aumento gradativo na média geral da evapotranspiração de referência, principalmente no ciclo de 2018/2019, de modo que estes resultados estão associados a um aumento na temperatura do ar, queda da umidade relativa do ar e ocorrência de maiores picos de radiação solar incidente, conforme discutido anteriormente.

Outro importante dados exibido no Gráfico 3 é a relação entre chuva mensal acumulada e a evapotranspiração. Nesta relação pode-se perceber que na maioria dos meses avaliados, houve tendência de o acúmulo mensal de chuva acompanhar também o aumento da evapotranspiração de referência, exceto para o ciclo de 2018/2019. Além disso, nos períodos de abril a outubro tende a ocorrer períodos de estiagem na região.

Dessa forma cultivo do café, para a localidade de Campos dos Goytacazes, em relação ao déficit hídrico pode ser classificado com “Restrição Hídrica Moderada”, ou seja, Déficit Hídrico Anual entre 200 a 400 mm e Déficit

Hídrico Estival dentre 40 a 80 mm, conforme a classificação apresentada por Ferrão et al. (2017).

Para áreas classificadas como Restrição Hídrica Moderada, indica-se que existem possibilidades de produzir comercialmente o café Conilon, no entanto, de forma marginal, isto é, com potencial de produção mais baixo e riscos climáticos mais elevados em relação as áreas aptas. Assim sendo, é necessário o uso da irrigação suplementar com maior frequência.

É importante destacar que na idade e condições produtivas na qual a cultura estava, sua necessidade real de irrigação se dá por meio da Evapotranspiração da cultura ou ET_c , por tanto, a real necessidade da cultura é em torno de 70% a 80% da ET_0 , ou seja, o K_c varia entre 0,7 e 0,8, sendo aplicado K_c igual a 0,7 no período de julho de 2015 a janeiro de 2016, e posteriormente adotou-se K_c igual a 0,8 até o fim da condução deste experimento, conforme metodologia utilizada por Venâncio et al. (2016).

Para poder avaliar com melhor acurácia a distribuição dos eventos de chuva e irrigação durante o período experimental foi elaborado o Gráfico 4, no qual são exibidos os valores diários da aplicação de água via irrigação ou chuva, assim como também a evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração de referência.

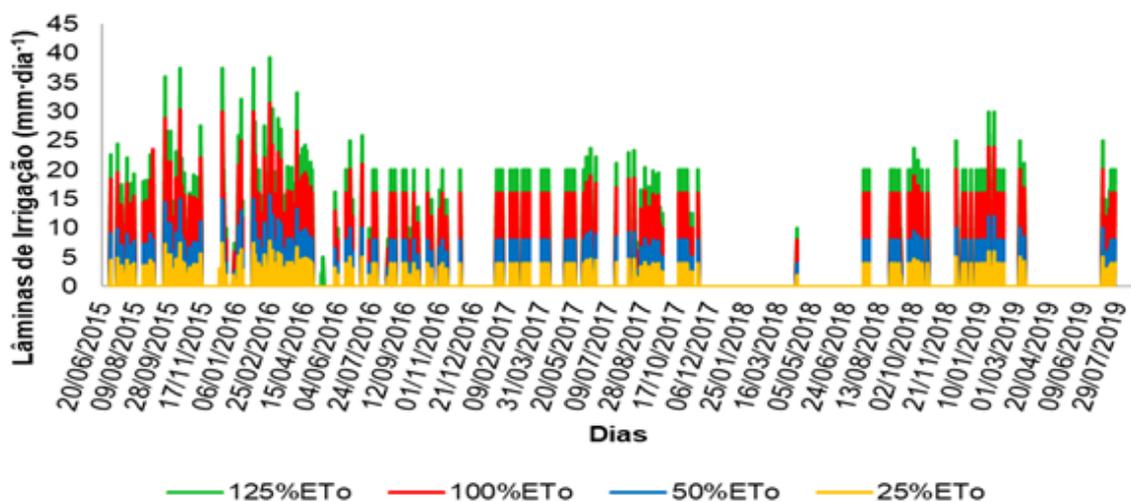


Gráfico 4. Dados diários dos valores e ocorrência de eventos de chuva, irrigação realizada, evapotranspiração de referência e da cultura.

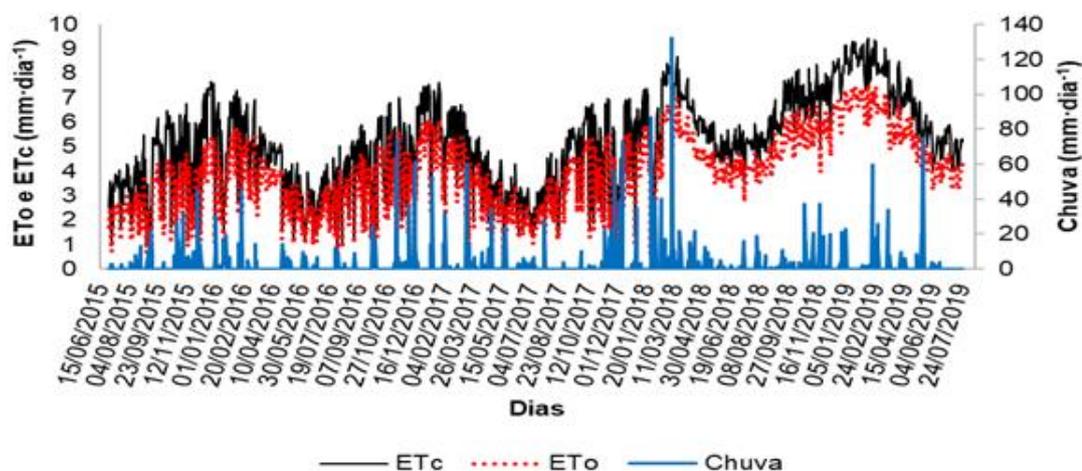


Gráfico 4, Cont.

Pela análise do Gráfico 4 pode-se perceber que houve boa distribuição os eventos de chuva intercalados com a aplicação de irrigação, exceto para o período de dezembro de 2017 a maio de 2018, com ausência de irrigação durante este período, mas com dias esporádicos de elevado volume de chuva chegando até 120 mm no dia 08 de março de 2018.

A ausência de irrigação durante o período citado deve-se principalmente a mal funcionamento e roubo de equipamentos e insumos dentro da área experimental.

4.2 Resultados estatísticos e dados específicos a cada ciclo de cultivo

A partir dos dados de produtividade coletados e tabelados para cada ano foi realizada a análise estatística e os resultados obtidos exibidos conforme na Tabela 3.

Tabela 3. Quadro de Análise de Variância (ANOVA) para todos ciclos produtivos do café Conilon

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	4	10838,99	2709,74	11,58	0,0000*
Safra	3	20643,18	6881,06	29,40	0,0000*
Erro	72	16849,98	234,02		
Total	79	48332,15			
CV			41,26%		

*Significativo a nível de 5% de probabilidade

Pela verificação dos resultados detalhados na Tabela 3 pode-se inferir que houve diferença significativa nos resultados de produtividade em função das lâminas aplicadas, tanto para fonte de variação tratamentos, quanto para as diferentes safras avaliadas, o que indica haver influência tanto do volume de água aplicado, quanto das condições ambientais de cada período.

Tabela 4. Quadro de análise de regressão para média das quatro safras avaliadas de 2015 a 2019

Parâmetro	Estimativa	SE	T para H0: Par = 0	Pr> t
b ₀	27,46	2,35	11,67	0,0000*
b ₁	0,0016	0,00028	5,95	0,0000*
R ²			76,50%	

*Significativo pelo teste t a nível de 5% de probabilidade

Como pode ser observado na Tabela 4 houve significância tanto para os valores de b₀ como b₁ na análise de regressão do modelo geral, indicando que os coeficientes de regressão para cada safra são diferentes em função da lâmina aplicada e da condição do ciclo produtivo.

4.2.1 Ciclo de cultivo 2015/2016

No Gráfico 5 são exibidos os dados médios mensais de umidade relativa do ar, temperatura do ar e radiação solar referentes especificamente ao ciclo de cultivo de julho de 2015 a junho de 2016.

Ao analisar o Gráfico 5 percebe-se que houve pouca variação na média mensal de temperatura com a mínima de 21,04°C no mês de junho e máxima de 27,9 em fevereiro. As maiores médias mensais ocorrerem no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2016 (entre 26 a 27,9°C), nesta época o ciclo fenológico do café Conilon está em transição da fase final de expansão dos frutos e início do processo de granação (Pantoja et al., 2019).

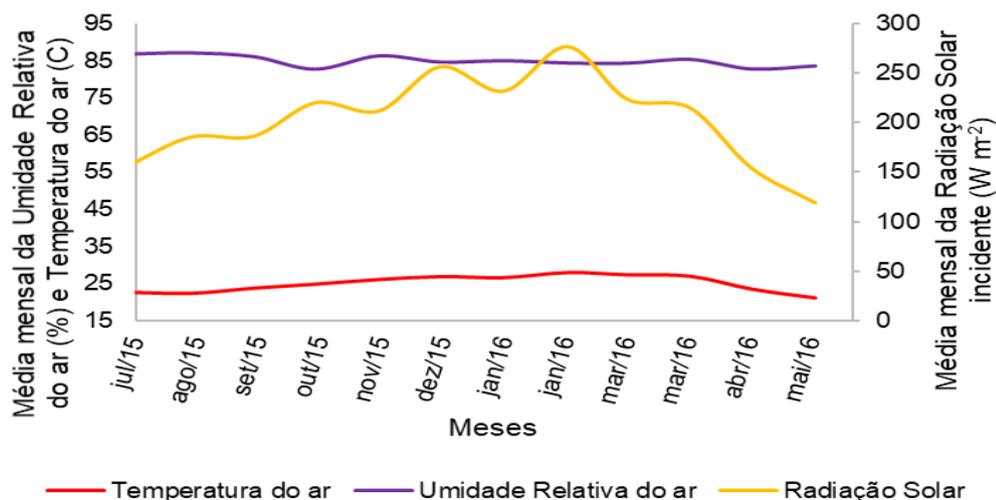


Gráfico 5. Dados médios mensais climáticos para o ciclo de cultivo de 2015 a 2016.

De acordo com Belan et al. (2011) no período seco e de temperaturas mais amenas, as taxas de crescimento são baixas, enquanto no período chuvoso e de temperaturas mais elevadas, porém não extremas, as taxas de crescimento são elevadas. Além disso, Martins et al. (2015) destaca que, e condições de ótimo estado hídrico e fertilidade do solo, a temperatura do ar, que revelou ter relação diretamente proporcional, o que indica que temperaturas do ar mais elevadas proporcionam produtividades mais elevadas.

Em relação umidade relativa do ar, percebe-se que a média mensal geral manteve-se elevada, aproximadamente 85%, e com pouca amplitude dentre as médias mensais observadas para este ciclo de cultivo, com variação de apenas 5% dentre o mês com maior umidade relativa (agosto) e menor umidade relativa (outubro). De acordo com Arve et al. (2011) em locais em que há menor velocidade do vento há maior tendência em elevar a umidade relativa do ar, e conseqüentemente, pode ocasionar o desenvolvimento de plantas menos tolerantes ao estresse hídrico.

Ainda referente aos dados apresentados no Gráfico 5, observa-se que a radiação solar apresentou grande variação média mensal para o ciclo avaliado, sendo o período de outubro de 2015 a março de 2016 o de maior incidência. É importante ressaltar que a curva de temperatura do ar, também apresentada no Gráfico 5, acompanhou a trajetória da radiação solar incidente, ou seja, quanto maior a radiação maior também a temperatura do ar, resultado este que também

foi observado por Ferreira et al. (2013) em trabalho realizado observado o efeito do sombreamento sobre o desenvolvimento da cafeicultura.

Além dos dados climáticos já apresentados para o ciclo de cultivo de 2015/16, também foram tabulados e plotado um gráfico com valores resultantes da precipitação e evapotranspiração diários, para este mesmo período, conforme exposto no Gráfico 6.

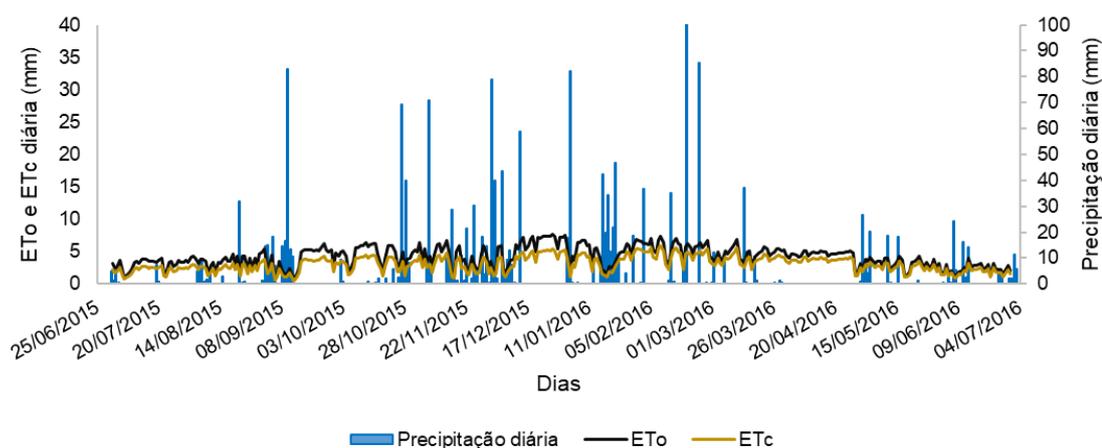


Gráfico 6. Distribuição dos eventos diários de chuva, evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura para o ciclo de 2015 a 2016.

A análise do Gráfico 6 permite verificar a distribuição das chuvas dentro do período de julho de 2015 a junho de 2016. Nesse sentido, é possível observar que houve boa distribuição das chuvas para este intervalo de tempo, com eventos diários de chuva de até aproximadamente 90 mm em fevereiro.

Dentro do período do início da avaliação até a colheita, os meses que apresentaram menor ocorrência de dias com chuva foram setembro, dezembro e abril, entretanto, a ausência desses eventos chuvosos foi suprida com uso da irrigação suplementar, de modo que a quantidade média de dias em que não houve aplicação de água via irrigação e nem chuva foi de 2,28 dias em média, de modo que apenas entre os dias 21/12/2015 a 30/12/2015, ou seja, 9 dias, sem qualquer tipo de evento, seja chuva ou irrigação.

Em relação a evapotranspiração de referência, percebe-se que houve grande amplitude nos valores obtidos com mínimo de $0,7 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$, máximo de $7,65 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ e média de $4,14 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$. No geral, a demanda hídrica da cultura

para este ciclo de cultivo apresentou-se baixa, com a média de ET_c equivalente a $3,08 \text{ mm-dia}^{-1}$, uma vez que o K_c utilizado inicialmente foi de 0,7, pois as plantas estavam em estado inicial de desenvolvimento, com apenas 3 anos de idade e posteriormente, ajustado para 0,8, conforme indicado por Pinheiro et al. (2017).

Para melhor compreensão das entradas e saídas de água do sistema planta-atmosfera foi elaborado um gráfico com os valores de irrigação mensal acumulados para cada tipo de tratamento aplicado, o valor acumulado da chuva mensal e a demanda hídrica por meio do acumulado mensal da ET_0 . Os resultados referentes a este dados podem ser observados conforme exibidos no Gráfico 7.

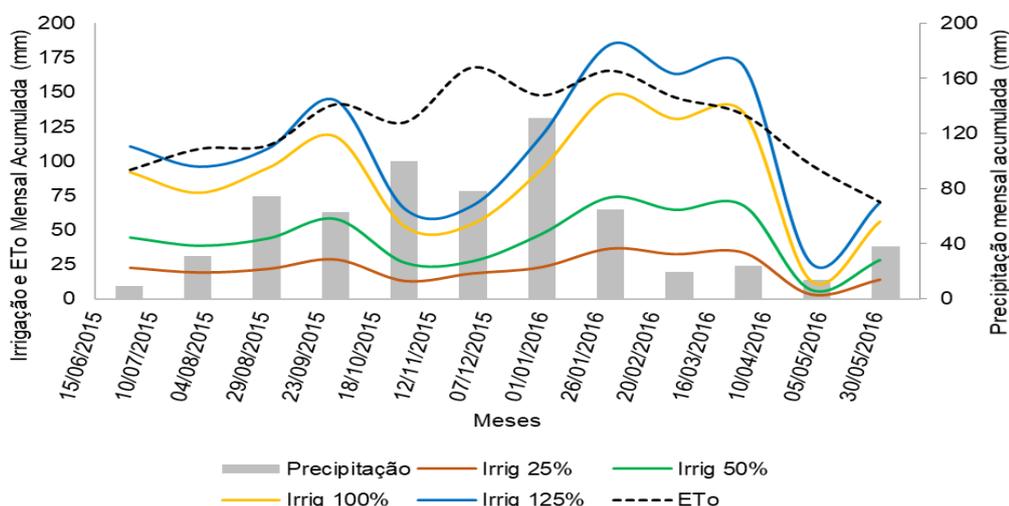


Gráfico 7. Acumulados mensais de irrigação, chuva e evapotranspiração de referência para o ciclo de cultivo de 2015 a 2016.

Diante dos dados expostos no Gráfico 7 pode-se aferir ver que, para os tratamentos de 100 e 125% da ET_0 , durante todo o ciclo de cultivo o somatório de chuva e irrigação conseguiu suprir a demanda hídrica atmosférica, não estando as plantas em nenhum momento em estresse hídrico, uma vez que, como já exposto, o período médio de dias sem qualquer evento de chuva ou irrigação foi de apenas 2,28 dias.

Também é possível observar que em alguns meses houve excesso de irrigação considerando os dados de chuva. Uma das adversidades que pode ser gerada pela irrigação em excesso, segundo Souza et al. (2014) é que apesar de o

déficit hídrico, em algumas fases do ciclo fenológico, comprometer a produtividade do cafeeiro, algumas pesquisas têm mostrado que o déficit hídrico pode promover maior uniformidade de floração e maturação dos frutos, melhorando a qualidade dos grãos de café.

Segundo Ferrão et al. (2017) em anos em que as chuvas ocorrem de forma bem distribuída, verifica-se que a lavoura não apresenta ganhos significativos na produtividade quando se compara a irrigada com uma não irrigada, ou seja, não responde significativamente a irrigação. Entretanto o autor relata que, na ausência da prática da irrigação, em áreas onde o déficit hídrico chega a comprometer a produção, o país deixaria de produzir cerca de 2 milhões a 2,5 milhões de sacas beneficiadas por ano.

As produtividades obtidas e esperadas para a região, em condições semelhantes a safra de 2015/16 em função da lâmina de água total podem ser visualizados conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Produtividade média obtida e estimada para a safra de 2015/16 em função da lâmina total de água

Tratamento (%ET ₀)	Lâmina total (mm)	Produtividade obtida		Produtividade estimada	
		(sc·ha ⁻¹)	(kg·ha ⁻¹)	(sc·ha ⁻¹)	(kg·ha ⁻¹)
0	646,6	24,93	1495,8	23,58	1414,76
25	913,99	32,17	1930,2	31,64	1898,18
50	1170,25	35,27	2116,2	37,12	2227,28
100	1711,25	48,74	2924,4	41,51	2490,75
125	1961,21	40,75	2445,1	40,25	2414,77

Conforme já evidenciado estatisticamente pelos dados expostos na Tabela 3 e 4, os resultados mostrados na Tabela 5 detalham a diferença de produção existente em função da aplicação de diferentes níveis de irrigação na cultura do café Conilon.

Ao analisar a Tabela 5 observa-se que, estatisticamente, os tratamentos com aplicação de 25, 50 e 125% da ET₀ são equivalentes, entretanto, os tratamentos de 100 e 125% da ET₀ mostraram-se superiores as demais. O tratamento de 0% da ET₀, ou seja, ausência de irrigação foi o que correspondeu a menor produtividade, com apenas 24,93 sc·ha⁻¹, conforme já esperado.

O fato da produção sofrer uma redução ao elevar a irrigação de 100 para 125% da ET_0 pode estar relacionado a diversos fatores, como por exemplo a ausência de um período de suspensão de fornecimento de água para uniformidade de florada e maturação Souza et al. (2014), além de um maior crescimento do sistema radicular em detrimento da parte aérea que ocorre principalmente em lavouras irrigadas Leoni et al. (2011).

De modo geral a produtividade obtida ficou em acordo com a média nacional de produtividade de café conilon, que varia entre $35 \text{ sc}\cdot\text{ha}^{-1}$ e $41,35 \text{ sc}\cdot\text{ha}^{-1}$, segundo o INCAPER (2020) e o MAPA (2020), respectivamente, exceto para o tratamento com ausência de irrigação que ficou abaixo. Apesar disto, a média estimada para o Conilon Vitória Incaper 8142 esperada é de $70 \text{ sc}\cdot\text{ha}^{-1}$, de acordo com dados do Consórcio Pesquisa Café (2020).

Dados do INCAPER (2020) sugerem que alguns produtores com maior nível tecnológico podem atingir produtividades acima de $100 \text{ sc}\cdot\text{ha}^{-1}$, no entanto, isto requer mão de obra, fertilização e aplicação de defensivos com alta precisão e manejo adequado, além da utilização da correta lâmina de irrigação.

Oliveira (2014) em trabalho realizado com os treze clones do cafeeiro vitória, obteve uma produtividade média para o clone V02 de 40,01; 43,32; 48,49; 46,94 e 48,16 $\text{sc}\cdot\text{ha}^{-1}$, para as lâminas de 40, 60, 80, 100 e 120% da ET_0 , respectivamente, apresentando com estes resultados valores similares aos obtidos neste experimento. Enquanto Bonomo (2013), também para o clone V02 obteve produtividades médias entre 71 a 122 $\text{sc}\cdot\text{ha}^{-1}$, com aplicação de lâminas variando de 25 a 125% da ET_0 .

Outro fator que colabora para a redução da produtividade é a idade do estande da cultura na safra, cerca de 3 anos, de acordo com Martins et al. (2015) dependendo das condições a lavoura pode apresentar aproximadamente 50% de frutos boias. Ferrão et al. (2017) em trabalho realizado observaram que a produtividade aumentou com a idade do estande, uma vez que plantas com 24, 36, 48 e 60 meses apresentaram uma produtividade média de 19,2 $\text{sc}\cdot\text{ha}^{-1}$, 56,1 $\text{sc}\cdot\text{ha}^{-1}$, 64,6 $\text{sc}\cdot\text{ha}^{-1}$ e 70,9 $\text{sc}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente.

Martins et al. (2015) observou que as condições climáticas proporcionaram perdas de, aproximadamente, 19,2 $\text{sc}\cdot\text{ha}^{-1}$ na produtividade em lavouras jovens.

Diante dos resultados obtidos de produção e lâmina total aplicada para cada tratamento foi elaborado um gráfico que correlaciona a produção total em resposta lâmina de água total, ou seja, chuva e irrigação.

O Gráfico 8 mostra a curva de resposta em função da lâmina de água total aplicada para cada um dos tratamentos, bem como as lâminas de máxima produtividade física e máxima rendimento econômico.

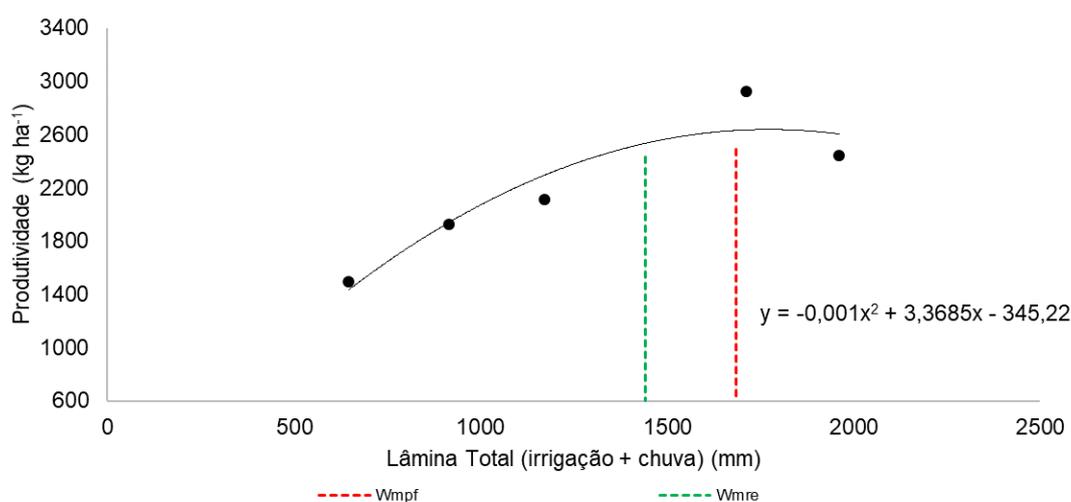


Gráfico 8. Função de produção para a safra de 2015/16 do café Conilon no município de Campos dos Goytacazes. Wmpf – Lâmina de máxima produtividade física; Wmre – Lâmina de máximo rendimento econômico.

Ao analisar o Gráfico 8 observa-se que a máxima produtividade física atingida foi obtida com uma lâmina de 1684,24 mm, sendo esta a W_{mpf} . Enquanto a lâmina que resultou na máxima eficiência econômica (W_{mre}) foi equivalente a 1440,67 mm.

Outro aspecto importante a ser avaliado é a diferença de produção entre as lâmina de W_{mpf} e W_{mre} , uma vez que com a lâmina de máxima produtividade física a produção esperada é de 41,52 sc·ha⁻¹ ou 2491,78 Kg·ha⁻¹, enquanto para a lâmina de máximo rendimento econômico é esperada uma produção de 40,53 sc·ha⁻¹ ou 2432,15 Kg·ha⁻¹, ou seja, uma diferença menor que 1 sc·ha⁻¹, portanto não sendo viável economicamente aumentar os custos de produção para este incremento na produção.

Realizando um estudo comparativo entre a lâmina de máximo rendimento econômico e a lâmina que ocasiona a máxima produtividade física, observam-se valores de produção muito aproximados, conforme foi observado para várias culturas (Bilibio et al., 2010; Lima Júnior et al., 2010; Santana et al., 2009; Oliveira et al., 2011a; Pelegrini et al., 2020).

De acordo com Oliveira et al. (2016) tal fato se deve, provavelmente, ao elevado valor econômico dessas culturas, o que torna maiores os lucros com a aplicação de lâminas de água de forma a manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo.

Para maior detalhamento dos resultados obtidos foi elaborada uma tabela que exhibe o Produto Físico Marginal e a relação entre P_w/P_y e a lâmina total. Os resultados podem ser verificados na Tabela 6 e Gráfico 9.

Tabela 6. Valores médios gerais do Produto Físico Marginal e relação entre fator preço da água e preço do café, considerando os valores de W_{mpf} e W_{mre} na safra de 2015/2016

Lâmina total (mm)	P_{FMA}	P_w/P_y
646,6	2,08	8,01
913,99	1,54	5,31
1170,25	1,03	2,73
1440,67	0,49	0,00
1684,25	0,00	-2,46
1711,25	-0,05	-2,73
1961,21	-0,55	-2,46

Observa-se pela análise da Tabela 6 que inicialmente o valor de P_{FMA} é positivo e tende a decrescer a medida que a lâmina total de água aplicada aumenta. Quando calculado para 1684,25 mm o produto físico marginal se iguala a zero, tornando-se negativo a partir do ponto máximo da curva de resposta, ou seja, valores maiores que 1684,25 mm, como por exemplo para os tratamentos de 100 e 125%.

De acordo com Lima Junior et al. (2011), quando o valor do P_{FMA} alcança o valor zero, significa que a lâmina de irrigação aplicada promove a máxima produtividade dos cafeeiros utilizados no experimento, ou seja, a máxima eficiência técnica dos fatores mantidos constantes nos tratamentos. Portanto, a partir do ponto em que o P_{FMA} apresentou valor nulo, a aplicação de maior lâmina

de irrigação ocasionou valores negativos de produto físico marginal, indicando ser antieconômico o uso desse volume de água para as condições técnicas utilizadas neste experimento. O que indica uma utilização excessiva dos fatores mantidos fixos neste experimento.

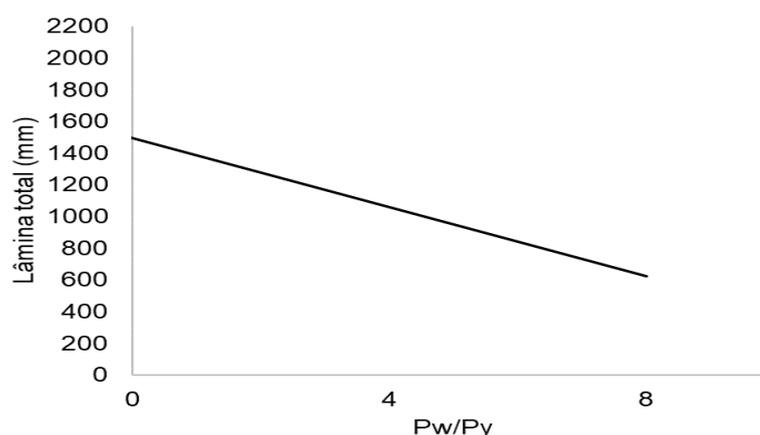


Gráfico 9. Relação média geral entre fator preço da água (P_w) e preço do café (P_y) em função da lâmina de água total, para safra de 2015/2016.

Reafirmando o resultado exibido na Tabela 6, pela visualização do Gráfico 9 é possível observar que a lâmina de 1440,67 mm total de água, originou uma relação entre P_w/P_y igual a zero, cortando o eixo das ordenadas no valor 0 para uma lâmina equivalente a este volume de água.

Uma análise criteriosa do Gráfico 4, possibilita observar que a lâmina total máximo rendimento econômico decresce à medida que se eleva a relação entre o preço dos fatores (P_w/P_y). Desta forma, fixando o preço médio de comercialização do café Conilon, constata-se que, aumentando o custo da água como, por exemplo, devido ao aumento da tarifa de energia para pressurização do sistema de irrigação, ou pela cobrança do uso da água, a lâmina total de irrigação a se aplicar deve ser menor para que o produtor obtenha o lucro máximo na atividade, conforme explicado por Carvalho et al. (2011).

Um comportamento da reta entre a relação P_w/P_y e a lâmina total de água aplicada, semelhante ao obtido no presente trabalho foi também observado para outras culturas por diversos autores (Cararo e Duarte, 2002; Vilas Boas et al., 2008; Bilibio et al., 2010; Oliveira et al., 2011b).

4.2.2 Ciclo de cultivo 2016/2017

No Gráfico 10 são exibidos os dados médios mensais de umidade relativa do ar, temperatura do ar e radiação solar referentes especificamente ao ciclo de cultivo de julho de 2016 a junho de 2017.

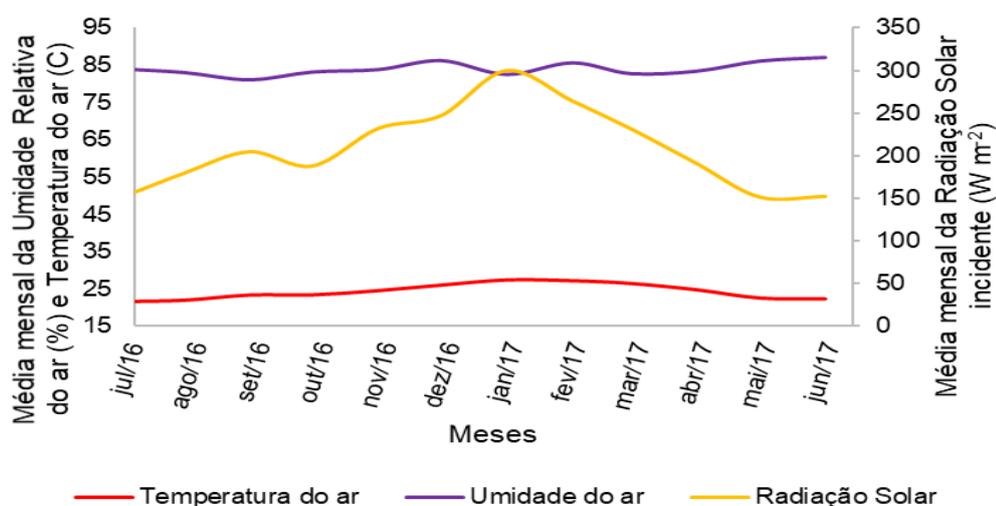


Gráfico 10. Dados médios mensais climáticos para o ciclo de cultivo de 2016 a 2017.

Ao analisar o Gráfico 10 observa-se que, assim como na safra anterior, houve uma variação de temperatura na faixa de 21,7°C (julho) a 27,3°C (janeiro). As maiores médias mensais também ocorrerem no período de novembro de 2016 a fevereiro de 2017 (entre 24,5 a 27,3°C), com uma temperatura média anual um pouco abaixo do ciclo produtivo anterior, 24,3°C enquanto para a safra de 2015/2016 a média anual de temperatura do ar foi de 24,9°C.

De acordo com Sousa e Oliveira (2018) as temperaturas médias anuais para os estes períodos estão dentro do recomendado para acultura do café Conilon, que apresenta bom desenvolvimento em temperaturas do ar na faixa de 22 a 26°C, indicando a região de Campos dos Goytacazes como apta termicamente ou preferencial para a cultura de *Coffea canephora*.

Ainda com relação ao Gráfico 10, ao avaliar a umidade relativa do ar média mensal, houve uma maior variação nos valores obtidos para a variável em

questão, uma vez que a máxima obtida para a safra 2016/17 foi de 87,15% e a mínima de 81,08%, ou seja uma amplitude de 6,07%, enquanto no ciclo anterior (2015/16) a variação foi de 4,34%.

Com relação a radiação solar global, a safra de 2016/17 apresentou maiores valores de máxima ($300,21 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$) e mínima ($151,07 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$) em comparação com a safra anterior que teve valores entre $118,74$ e $276,72 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. O período de maior incidência de radiação foi equivalente ao período de maior temperatura do ar, ou seja, entre novembro e fevereiro.

Em estudo realizado avaliando o consórcio de espécies arbóreas com café Conilon os autores Oliosí et al. (2016) e Partelli et al. (2014) observaram que estes consórcios podem promover um microclima mais favorável ao desenvolvimento do café Conilon, principalmente dos cafeeiros próximos das árvores usadas, com decréscimo da temperatura e da irradiância e aumento da umidade relativa do ar.

Segundo Ovalle-Rivera et al. (2015) com o aumento da temperatura e a alteração dos padrões de pluviosidade serão reduzidas a qualidade e a produção do grão, aumentando a incidência de pragas e doenças. De acordo com Bunn et al. (2015) estes problemas tendem a agravar-se considerando que os cultivos atuais de Conilon serão expostas de forma crescente às novas condições ambientais, já que o seu tempo de vida útil médio é de 30 anos.

O detalhamento da distribuição dos eventos de precipitação durante a safra de 2016/2017 pode ser observada conforme exibido no Gráfico 11.

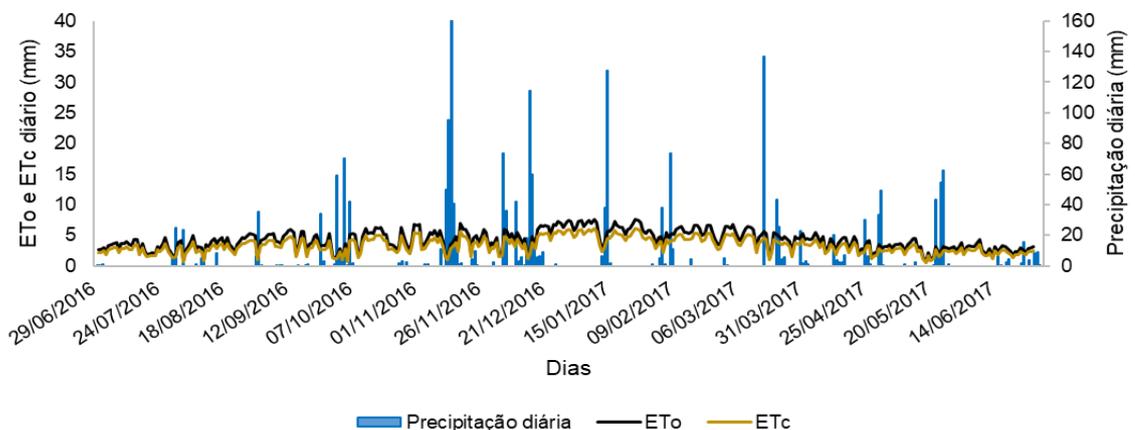


Gráfico 11. Distribuição dos eventos diários de chuva, evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura para o ciclo de 2016 a 2017.

Em comparação com a safra anterior, o ciclo de 2016/17 apresentou distribuição similar de eventos de chuva, com um volume total maior anual de 808,2 mm comparado aos 646,6 mm do ano anterior, entretanto ambos valores ainda abaixo da normal climatológica de 1007,4 mm de acordo com INMET (2020).

Para este ciclo produtivo os meses que apresentaram menor ocorrência de dias com chuva foram julho, agosto, setembro e junho, no entanto, foi aplicada irrigação suplementar de modo a sanar a demanda hídrica. A quantidade média de dias em que não houve aplicação de água via irrigação e nem chuva foi de 3,10 dias em média, os maiores períodos em que não houve nenhum tipo de entrada de água no sistema solo-planta fora entre os dias 25/12/2016 a 10/01/2017, ou seja, 17 dias, e também no período de 07/07/2017 a 18/07/2017 totalizando 10 dias com ausência de eventos de chuva ou irrigação.

É importante destacar que para o primeiro período citado as plantas encontravam-se em transição de estágios passado do estágio final da expansão dos frutos para início da granação dos frutos. Segundo Brige et al. (2019) em caso de ocorrência de déficit hídrico durante o período de expansão dos frutos é prejudicial ao acúmulo de fotoassimilados e recorrente perda na qualidade do grão.

Estudos realizados por Covre e Partelli (2012) indicam que as maiores taxas de acúmulo de matéria nos frutos ocorrem no período mais quente do ano, de janeiro a abril. Possivelmente nesse período estão presentes as fases de expansão rápida, crescimento suspenso e granação. De acordo com os mesmos autores a fase de expansão rápida se caracteriza por rápido alongamento das células dos frutos, atingindo cerca de 80% do seu tamanho final. A fase de crescimento suspenso caracteriza-se por uma redução nas taxas de acúmulo nos frutos, e a fase de granação se caracteriza pelo enchimento do endosperma, onde os frutos atingem seu tamanho máximo, por isso a ausência de irrigação nesta fase pode ocasionar uma redução na produção final.

O Gráfico 12 exibe a relação entre a evapotranspiração de referência e a entrada de água no sistema solo-planta, por meio da irrigação e chuva acumuladas mensal.

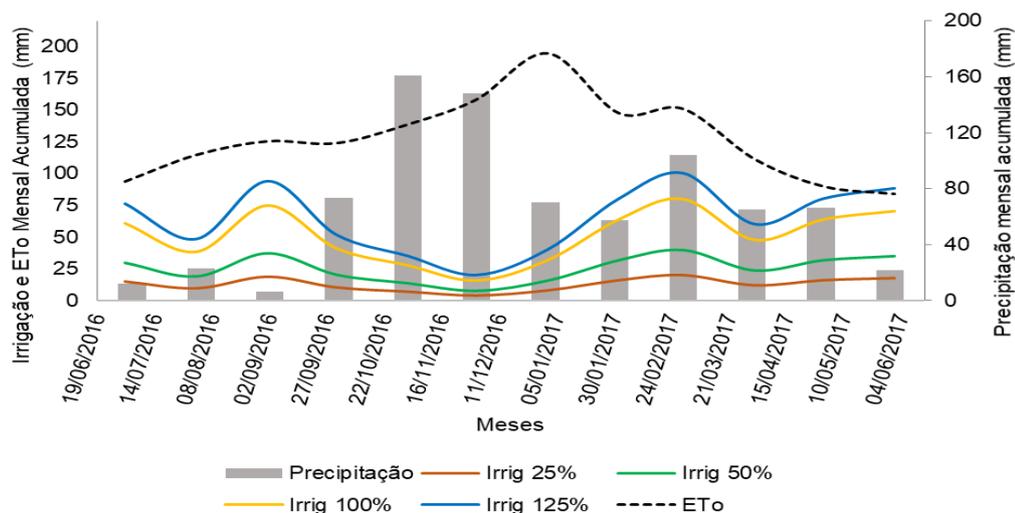


Gráfico 12. Acumulados mensais de irrigação, chuva e evapotranspiração de referência para o ciclo de cultivo de 2016 a 2017.

Como pode ser percebido pela observação do Gráfico 12, para grande parte dos meses a demanda hídrica atmosférica foi suprida pela combinação da chuva e irrigação aplicada. Entretanto, como já discutido, no final do mês de dezembro de 2016 e início do mês de janeiro de 2017 houve um período de déficit hídrico ocasionada pela ausência de eventos de chuva ou irrigação.

Em contraste ao ocorrido na safra anterior (2015/16), na safra em questão houve um aumento da lâmina d'água aplicada a partir do mês de abril até junho, período este que corresponde a fase de maturação dos frutos.

De acordo com Scalco et al. (2011), o fornecimento ininterrupto de água por irrigação pode atuar como um estímulo à abertura de novas flores, o que origina frutos em diferentes estádios de desenvolvimento e maturação desuniforme, por ocasião da colheita, influência direta no rendimento, uma vez que grãos menores demandam maior volume de café para formar uma saca de 60 kg do produto beneficiado.

O resultado da produção média obtida e estimada de acordo com a lâmina de água utilizada pode ser observado na Tabela 7.

Ao analisar a Tabela 7 pode-se verificar que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos de 25 a 125% da ET_0 , entretanto, para o produtor rural haveria uma diferença significativa em relação ao lucro obtido, uma vez que, pelos cálculos realizados com base nos custos de produção, apenas para os tratamentos de 100 e 125% da ET_0 haveria lucro, de R\$2573,38

ha⁻¹ e R\$2487,51 ha⁻¹, respectivamente. Enquanto, para os demais tratamentos, foi constatado prejuízo.

Tabela 7. Produtividade média obtida e estimada para a safra de 2016/17 em função da lâmina total de água

Tratamento (%ET ₀)	Lamina total (mm)	Produtividade média obtida		Produtividade média estimada	
		sc·ha ⁻¹	Kg·ha ⁻¹	sc·ha ⁻¹	Kg·ha ⁻¹
0	808,20	16,87	1012,2	16,50	989,96
25	962,56	22,39	1343,4	21,72	1303,00
50	1116,92	25,64	1538,3	25,90	1554,09
100	1426,60	33,03	1981,6	31,18	1871,03
125	1580,99	32,87	1972,3	32,26	1935,90

Esse fato se deve principalmente ao valor da saca para esta safra que foi em média de R\$425,28 sc⁻¹. Segundo dados da CEPEA/ESALQ (2019), o café robusta ou Conilon, bateu recordes no preço da saca nos anos de 2016 a 2017 chegando a ter seu preço fixado em R\$479,64 sc⁻¹ no mês de janeiro de 2017, principalmente, devido a períodos de seca no Espírito Santo, maior produtor atual de café Conilon. Este fato elevou o preço do produto durante o período de execução do experimento, auxiliando a explicar a proximidade entre os valores de W_{mpf} e W_{mre} .

O Gráfico 13 exibe a curva de função de produção que correlaciona a produção estimada do café Conilon em resposta a lâmina de água total aplicada, para a região de Campos dos Goytacazes nas condições climáticas discutidas anteriormente.

Em comparação com o ciclo anterior, a safra de 2016/2017 apresentou produtividades mais baixas, mesmo com volume total de água aplicada maior. A esse fato podem estar atrelados diversos fatores, dentre eles alguns já discutidos, como por exemplo a desuniformidade da maturação, ocasionando durante a colheita uma maior incidência de frutos verdes ou “chochos”.

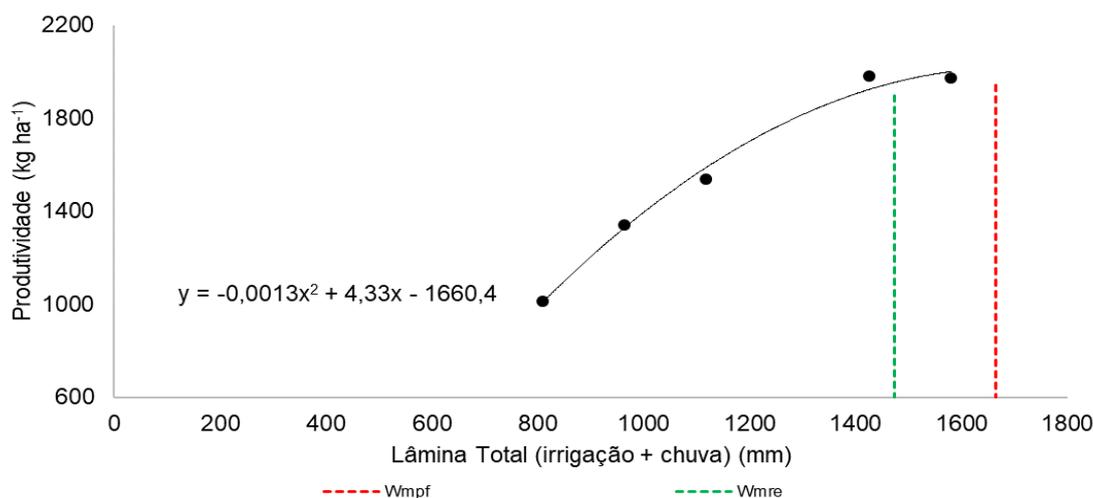


Gráfico 13. Função de produção para a safra de 2016/17 do café Conilon no município de Campos dos Goytacazes. Wmpf – Lâmina de máxima produtividade física; Wmre – Lâmina de máximo rendimento econômico.

Outro fator que pode auxiliar a explicar uma menor produção está relacionada a característica fisiológica das espécies de café, a bienalidade, Mendonça et al. (2011) afirmam que a bienalidade da produção do café está ligada à relação fonte-dreno existente ente frutos e folhas, enquanto as folhas são fontes de fotossintetizados, os tecidos em crescimento atuam como drenos dos mesmos. Como ambas as fases reprodutiva do ano corrente e vegetativa para o ano seguinte ocorrem de maneira simultânea, a planta tende a balancear a partição de fotossintetizados.

Em dados coletados junto a CONAB (2019), avaliando a produtividade média por hectare nas lavouras de café durante dez anos, observou-se que houve uma redução média na produção de 3 a 5 sc·ha⁻¹, em função da bienalidade sobre as plantas. Resultados similares foram encontrados por Barros et al. (2010) avaliando quatro safras produtivas de café arábica, evidenciando maior intensidade do fator bienalidade nesta espécie.

A bienalidade ainda pode ser afetada pelo manejo de irrigação adotado, pois o volume de água fornecido pode determinar a produtividade do cafeeiro. Em lavouras irrigadas, o efeito da bienalidade começa normalmente a partir do terceiro ou quarto ano de produção. No entanto, com aumento na produção, essa variação pode se acentuar e se antecipar ocorrendo ainda nos primeiros anos de produção (Mendonça et al., 2011).

Ainda analisando o Gráfico 13 tem-se que a lâmina de máxima produtividade física (W_{mpf}) e máximo rendimento econômico (W_{mre}) são 1665,38 e 1473,56 mm, respectivamente, valores muito próximos aos obtidos na safra anterior. A lâmina de máximo rendimento físico resultou em uma produção esperada de 32,42 sc·ha⁻¹, enquanto a lâmina de máximo rendimento econômico resultou em 31,62 sc·ha⁻¹, ou seja, uma diferença menor do que uma saca por hectare, dessa forma sendo antieconômico a injeção de água no sistema em valores acima de 1473,56 mm para as condições climáticas apresentadas.

Na Tabela 8 são detalhados os valores do produto físico marginal e da relação fator preço da água pelo fator preço do produto, confirmando os dados discutidos a partir do Gráfico 13.

Tabela 8 - Valores médios gerais do Produto Físico Marginal e relação entre fator preço da água e preço do café, considerando os valores de W_{mpf} e W_{mre} na safra de 2016/2017

Lâmina total (mm)	P_{FMA}	P_w/P_y
808,20	2,23	10,04
962,56	1,83	7,71
1116,92	1,43	5,38
1426,60	0,62	0,71
1473,56	0,50	0,00
1580,99	0,22	-1,62
1665,38	0,00	-2,90

Da mesma forma que na safra anterior, observa-se pela análise da Tabela 8 que, inicialmente o valor de P_{FMA} é positivo e tende a decrescer a medida que a maior injeção de água no sistema solo-planta. De acordo com Valeriano et al. (2017) a relação P_w/P_y indica o custo benefício da aplicação de água e o preço do produto, por exemplo, ao analisar uma relação custo/benefício de 30% ($P_w/P_y=0,3$), portanto, quando esta relação alcança o valor 0, indica que os fatores são equivalentes, e dessa forma para valores acima da W_{mre} a aplicação de maiores lâminas de água conduzem a valores negativos, indicando ser antieconômico o uso dessas lâminas.

O Gráfico 14 detalha o comportamento da relação P_w/P_y já discutido. A reta do gráfico em questão assemelha-se ao do ciclo anterior e ao obtido por

diversos autores em trabalhos realizados avaliando a relação para diferentes culturas (Monteiro et al., 2007; Junior et al., 2011; Conceição, 2016).

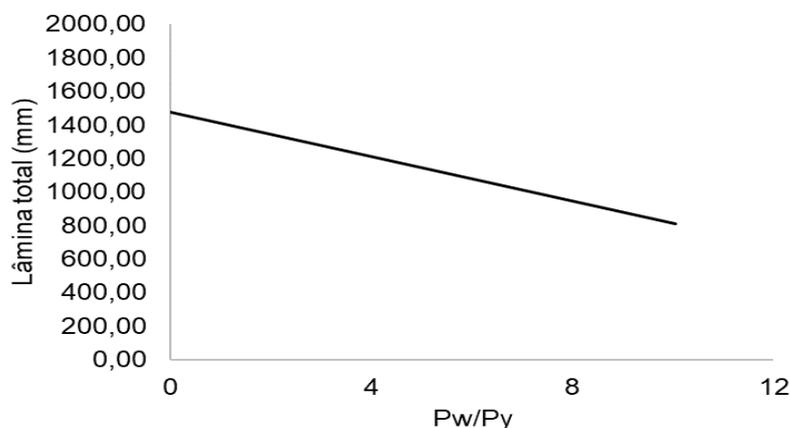


Gráfico 14. Relação média geral entre fator preço da água (P_w) e preço do café (P_y) em função da lâmina de água total, para safra de 2016/2017.

A eficiência alocativa é determinada comparando o P_{FMA} com o preço de mercado da água (P_w). Se $P_{FMA} > P_w$, a água é subutilizada e os lucros da fazenda podem ser aumentados com o aumento do uso de água. Se, ao contrário, $P_{FMA} < P_w$, a água é usada em excesso e para aumentar os lucros da fazenda, seu uso deve ser reduzido. O ponto de eficiência alocativa (e lucro máximo) é alcançado quando $P_{FMA} = P_w$ (Chebil e Frija, 2014).

4.2.3 Ciclo de cultivo 2017/2018

No Gráfico 15 são exibidos os dados médios mensais de umidade relativa do ar, temperatura do ar e radiação solar referentes especificamente ao ciclo de cultivo de julho de 2017 a junho de 2018.

Ao observar o Gráfico 15 percebe-se uma variação maior nos valores de temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar, em contraste com as duas safras anteriores. Em relação a temperatura observa-se que houve uma variação de temperatura na faixa de 20,06°C (julho) a 27,07°C (janeiro). As maiores médias mensais ocorrerem no período de outubro de 2017 a março de 2018 (entre 24,6 a

27,07°C), com uma temperatura média anual um pouco abaixo dos ciclos produtivos anteriores, com 23,9°C.

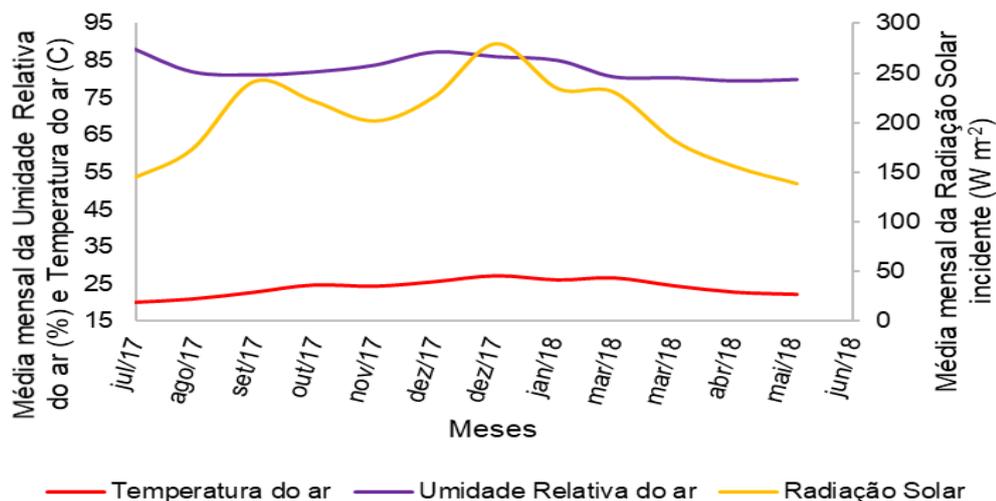


Gráfico 15. Dados médios mensais climáticos para o ciclo de cultivo de 2017 a 2018.

Apesar da maior amplitude de variação na temperatura média mensal do ar, a temperatura média anual esteve dentro do recomendado para a cultura do café Conilon, ou seja, na faixa de 22 a 26°C, para a safra de 2017/18.

Em relação a umidade relativa do ar, o ciclo de julho de 2017 a junho de 2018 apresentou maior amplitude para esta variável, com valores mínimos e máximos de 79,46% e 88,59%, respectivamente, ou seja, uma variação de 9,13%. Segundo Rodrigues et al. (2016) o aumento da umidade relativa do ar implicará, provavelmente, reduções das taxas de transpiração foliar e de evaporação da água diretamente do solo, economizando água.

Cunha e Rocha (2016) salientam que a umidade relativa ideal deve estar acima de 60%, dessa forma evitando transpiração excessiva das plantas. Já Purqueiro e Tivelli (2006) indicam que umidade do ar acima de 80% favorecem o surgimento de doenças fúngicas e que defensivos agrícolas não devem ser aplicados em períodos em que a umidade relativa do ar esteja abaixo de 55%. Além disso, a alta umidade do ar também pode influir no aparecimento de desordens fisiológicas, como a deficiência de cálcio em folhas jovens em

expansão, devido ao deficiente transporte desse elemento em função da restrição evapotranspirativa.

A distribuição da chuva durante a safra de 2017/2018 pode ser observada no Gráfico 16, bem como a variação da evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura diárias.

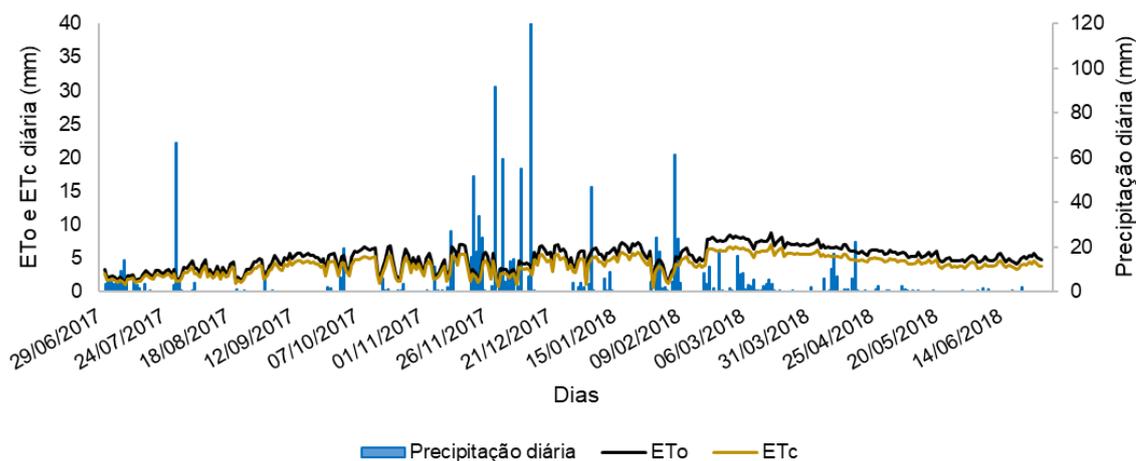


Gráfico 16. Distribuição dos eventos diários de chuva, evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura para o ciclo de 2017 a 2018.

No Gráfico 16 pode-se verificar que a distribuição de chuvas para o ano a safra de 2017/2018 foi irregular, ao contrário do ocorrido nas duas safras anteriores. Pela análise gráfica observa-se que há uma concentração de eventos chuvosos no período de novembro a março com ocorrência de eventos diários de muita chuva, ou seja, pouca distribuição ao longo do mês.

Em comparação com os ciclos produtivos de 2015/16 e 2016/17, para o período de novembro a março, enquanto nas duas safras anteriores a chuva nesta época representou aproximadamente 60% da precipitação anual, para a safra de 2017/18 neste mesmo período a precipitação acumulada correspondeu a 82% da precipitação anual, ou seja, um valor 22% maior, reduzindo a distribuição durante o restante do ano produtivo.

Outro dado importante a ser observado é o aumento da evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura a partir do mês de março de 2018. De acordo com Sousa e Oliveira (2018) o aumento da

evapotranspiração aumenta a necessidade hídrica da planta, que quando suprida pode atingir maior desenvolvimento vegetativo e produção, caso contrário ocasiona senescência foliar e queda de produtividade.

No Gráfico 17 é possível avaliar a interação entre a precipitação e a irrigação mensal acumulada com a evapotranspiração de referência para o ciclo produtivo de 2017/2018.

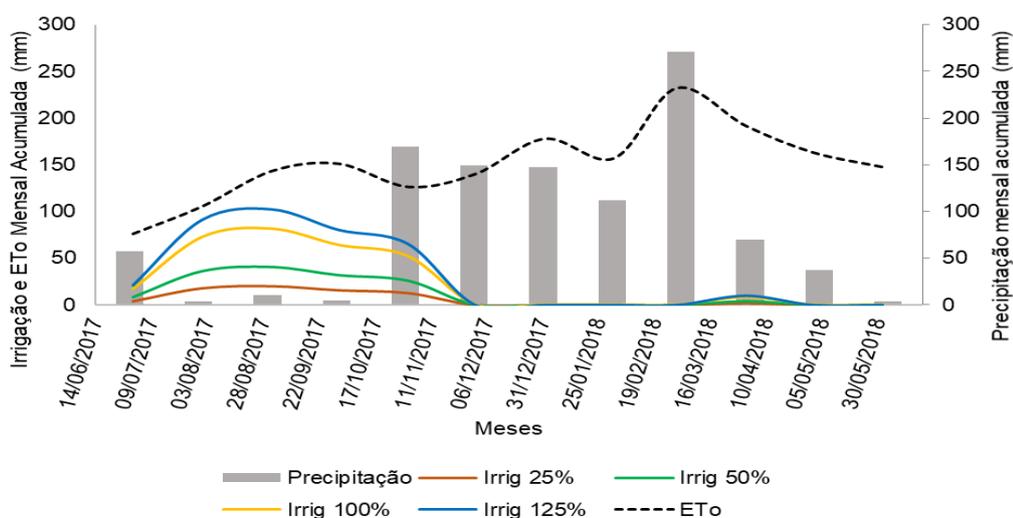


Gráfico 17. Acumulados mensais de irrigação, chuva e evapotranspiração de referência para o ciclo de cultivo de 2017 a 2018.

Ao observar o Gráfico 17, inicialmente, é perceptível a ausência de irrigação a partir do mês de dezembro de 2017. Esse fato deve-se a falhas ou roubo dos equipamentos utilizados para irrigação no experimento. A inclusão e discussão destes dados no experimento é relevante, uma vez que os produtores rurais estão suscetíveis as mesmas situações.

Como já relatado, conforme os dados apresentados no Gráfico 16 e 17, percebe-se que o grande acumulado de chuvas ocorreu dentro o período de novembro de 2017 a março de 2018, entretanto, a distribuição de chuvas neste tempo ainda foi irregular.

Na média geral, o número de dias sem ocorrência de chuva ou irrigação foi de 3,36 dias, maior do que todos os períodos avaliados. Considerando que no período em que não haviam condições para realizar irrigação e, portanto o abastecimento de água do solo dependia somente da precipitação, houveram

períodos em que não houve entrada de água no sistema por 14 dias consecutivos, como por exemplo em 03/10/2017 a 16/10/2017, em 15/12/2017 a 28/12/2017 e em 14/01/2018 a 27/01/2018.

Além disso nos períodos de 17/05/2018 a 26/05/2018 e 20/06/2018 a 30/06/2018, houve ausência de entrada de água no sistema solo-planta por 10 e 11 dias respectivamente. Também dentro de um período crítico houve ausência de eventos de irrigação ou chuva no período de 8 dias, entre 09/02/2018 a 16/02/2018.

A partir dos dados levantados é possível concluir que com a ausência de irrigação suplementar durante os meses de dezembro de 2017 a junho de 2018 o estande experimental ficou em déficit hídrico, gerando risco à produção da lavoura. Segundo Covre e Partelli (2013) a ausência de irrigação na fase de expansão e granação dos frutos que ocorre entre final de dezembro a março do ano posterior, ocasiona o menor desenvolvimento de grãos e senescência de frutos, o que conseqüentemente, acarreta em uma menor produtividade.

Dados de produtividade esperada e obtidos para a safra de 2017/18 podem ser observados na Tabela 9.

Tabela 9. Produtividade média obtida e estimada para a safra de 2017/18 em função da lâmina total de água

Tratamento (%ET ₀)	Lamina total (mm)	Produtividade média obtida		Produtividade média estimada	
		sc·ha ⁻¹	Kg·ha ⁻¹	sc·ha ⁻¹	Kg·ha ⁻¹
0	1035,70	16,85	1011,1	16,38	982,95
25	1109,50	17,45	1046,7	19,76	1185,59
50	1183,30	21,17	1270,0	22,77	1366,46
100	1330,90	29,24	1754,1	27,71	1662,82
125	1404,70	26,89	1613,5	29,64	1778,33

Conforme já apurado pelos resultados obtidos na análise estatística (Tabelas 3 e 4), a análise da Tabela 9 permite verificar que não houve diferença estatística significativa entre as produtividades na safra de 2017/18, para as diferentes lâminas de água.

A produção estimada e obtida para este ciclo produtivo está bem abaixo do esperado quando comparada com os outros anos e a média de produtividade

nacional, que varia entre 35 sc·ha⁻¹ e 41,35 sc·ha⁻¹ (INCAPER 2020, MAPA, 2020).

Esta redução progressiva da produção tem sido associada, pelo menos em parte, aos danos causados pela interação do déficit hídrico prolongado e da manutenção de altas temperaturas do ar que têm prevalecido, principalmente, durante a fase de expansão e enchimento dos frutos.

Ainda segundo Pantoja et al. (2019) a precipitação concentrada em curto período de tempo (precipitação do período chuvoso concentrada em um único mês ou o esperado para um mês concentrado em uma única semana) não é benéfico para o desenvolvimento da cultura.

De acordo com Rodrigues (2013) a frequência de chuvas destaca-se como fator de maior número de correlações com a produção. Estas correlações foram positivas nas fases da granação e da máxima vegetação. Nas fases do florescimento e do chumbinho as correlações foram negativas, havendo penalização da produtividade em função do aumento da frequência de chuvas na fase da florada e do chumbinho.

Segundo a mesma autora a ocorrência de chuvas seguidos por períodos de estigeam favorecem a ocorrência de diversas floradas durante o ciclo produtivo, o que conseqüentemente reduz a produtividade final na época de colheita do café.

A curva de resposta da produtividade em função da lâmina de água total para cada um dos tratamentos, bem como as lâminas de máxima produtividade física e máxima eficiência econômica, podem ser observadas no Gráfico 18.

Conforme já observado pela análise da Tabela 9, o Gráfico 18 demonstra que houve uma redução significativa da produção para as diferentes lâminas de água avaliadas. Entretanto, apesar dessa redução o valor das lâminas de máxima eficiência econômica e máxima produtividade física, 1591,99 e 1759,07 mm, respectivamente, mantendo-se apenas um pouco acima dos valores obtidos para as duas safras anteriores.

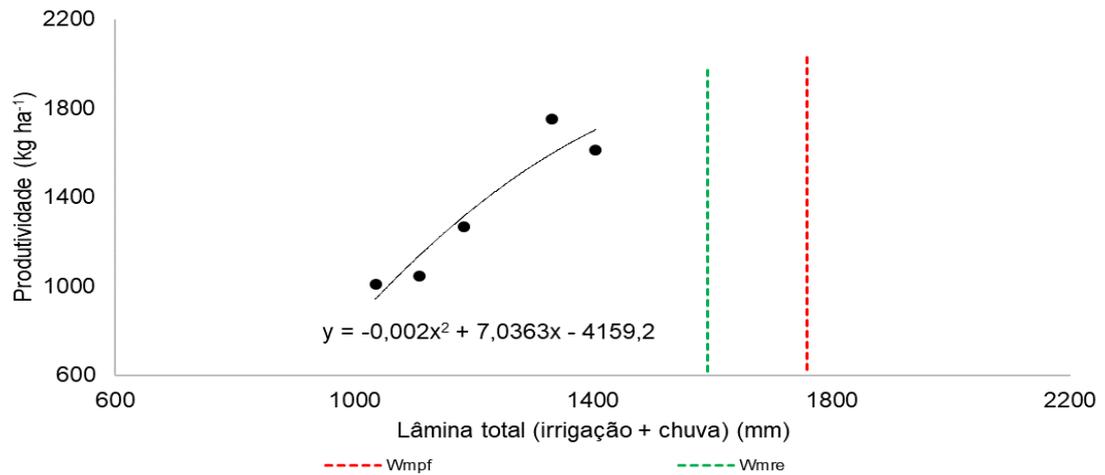


Gráfico 18. Função de produção para a safra de 2017/18 do café Conilon no município de Campos dos Goytacazes. Wmpf – Lâmina de máxima produtividade física; Wmre – Lâmina de máximo rendimento econômico.

Apesar das W_{mpf} e W_{mre} apresentarem um padrão de comportamento, em relação ao lucro obtido avaliou-se que em virtude dos custos fixos e dos custos variáveis de produção para a safra de 2017/2018, não houve lucro para nenhuma das lâmina de água avaliadas, sendo inviável produzir a partir das condições apresentadas para esta safra.

Este fato está associado principalmente a baixa produtividade obtida e também a redução no preço de venda, pelo produtor, da saca de café ($R\$255,57 \cdot sc^{-1}$) para este ciclo produtivo em comparação com as duas safras anteriores.

Neste caso, especificamente para o período de 2017/2018, a lâmina de máximo rendimento econômico indica a lâmina em que o produtor minimiza o prejuízo diante da situação. O menor prejuízo, em ocasião das condições apresentadas, equivale a um débito de $R\$2008,63 \text{ ha}^{-1}$, este valor é elevado uma vez que considera os investimentos iniciais e aplicação inicial de insumos no início da safra, antes das falhas e furto dos equipamentos de irrigação.

Na Tabela 10 são detalhados os valores do produto físico marginal e da relação fator preço da água pelo fator preço do produto, reafirmando os dados discutidos a partir do Gráfico 18.

Tabela 10. Valores médios gerais do Produto Físico Marginal e relação entre fator preço da água e preço do café, considerando os valores de W_{mpf} e W_{mre} na safra de 2017/2018

Lâmina total (mm)	Pfma	Pw/Py
1035,7	2,89	9,48
1109,5	2,60	8,22
1183,3	2,30	6,96
1330,9	1,71	4,45
1404,7	1,42	3,19
1591,9	0,67	0,00
1759,1	0,00	-2,85

Ao observar o comportamento do P_{FMA} e da relação P_w/P_y , na Tabela 10 e o Gráfico 19 ratifica-se os resultados obtidos nas safras anteriores, uma vez que, a medida que a lâmina aumenta, reduz-se estes índices.

Verifica-se que a lâmina ótima decresce à medida que se aumenta a relação entre preços (P_w/P_y). Assim, considerando essa tendência, variando o preço da água e mantendo fixo o da saca do café, a lâmina econômica total de irrigação a aplicar deve ser menor por causa do custo da água, para que o produtor obtenha a rentabilidade máxima da atividade em estudo.

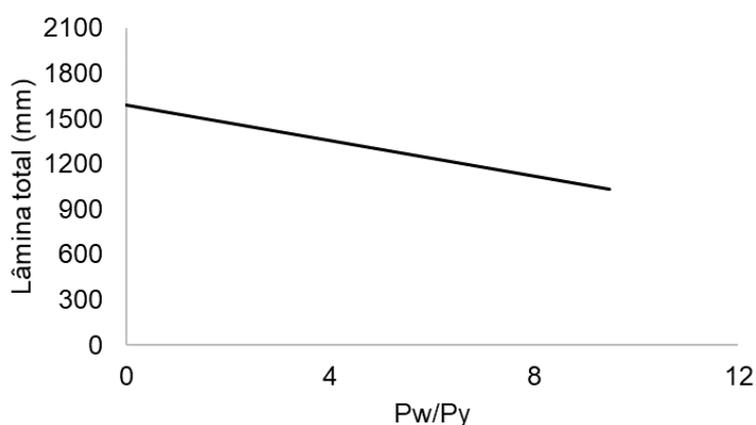


Gráfico 19. Relação média geral entre fator preço da água (P_w) e preço do café (P_y) em função da lâmina de água total, para safra de 2017/2018.

4.2.4 Ciclo de cultivo 2018/2019

No Gráfico 20 são exibidos os dados médios mensais de umidade relativa do ar, temperatura do ar e radiação solar referentes especificamente ao ciclo de cultivo de julho de 2018 a junho de 2019.

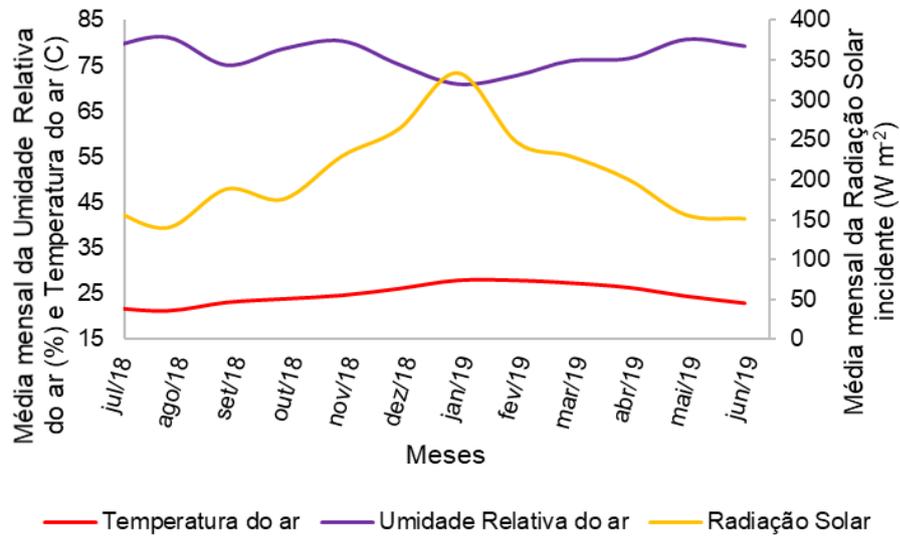


Gráfico 20. Dados médios mensais climáticos para o ciclo de cultivo de 2018 a 2019.

Analisando o Gráfico 20 percebe-se que a temperatura do ar acompanhou a variação de radiação solar incidente, sendo os meses com maiores valores para essas variáveis entre dezembro a abril, ou seja, um pouco mais tardio do que nas safras anteriores.

Em relação a temperatura do ar houve uma variação média anual de 21,13°C para o mês de agosto de 2018, sendo esta a mínima, e a máxima de 27,84°C no mês de janeiro de 2019. Para os meses mais quentes do ano, a variação de temperatura foi entre 26,02 a 27,84°C. Apesar de alguns meses apresentarem temperatura do ar acima do recomendado para o cultivo do café Conilon, no geral, pode-se verificar que a região de Campos dos Goytacazes apresenta-se como apta para cultivo desta espécie, uma vez que dentro dos quatro ciclos de produção avaliados a temperatura média manteve-se entre 22 a 26°C, conforme recomendado por Ferrão et al. (2017).

Ao observar a curva que define a variação da umidade do ar média mensal para a safra de 2018/2019, apresentada no Gráfico 20, pode-se perceber

que a amplitude foi muito maior do que para os demais ciclos de produção avaliados. Enquanto a umidade relativa do ar média anual para as safras de 2015/16, 2016/17 e 2017/18, foram 84,97%, 84,11% e 82,97%, respectivamente, para a safra em questão o valor obtido foi de 77,20%, ou seja, aproximadamente 10% menor.

Esse fato ocorreu, pois, nos meses mais quentes do ano (janeiro a abril) a umidade relativa do ar variou entre 71,01 a 76,60%, sendo estes valores bem abaixo das médias mensais obtidas nas safras anteriores, entretanto estando em acordo com a normal climatológica que varia de 74,9 a 77,9% (INMET, 2020).

Segundo Aparecido et al. (2015) a redução da umidade do ar, em níveis aceitáveis, influencia diretamente no processo de transpiração da planta, que com o aumento do processo de evapotranspiração ocasiona uma elevação nas trocas gasosas e fluxo de massa que carrega nutrientes para o interior da planta.

Estudos avaliados por Leoni et al. (2011) indicam que a resposta direta do estômato a variações na umidade relativa tem consequências importantes no que respeita à capacidade da planta de suportar períodos relativamente longos de déficit hídrico no solo associados a condições de alta demanda evaporativa na atmosfera. Sob tais condições, o rápido fechamento do estômato seria vantajoso para o cafeeiro, visto que isso resultaria em diminuição substancial da transpiração. Por outro lado, sob disponibilidade hídrica adequada ou sob períodos curtos de déficit hídrico, a sensibilidade do estômato à umidade do ar seria desvantajosa. Nessas condições, a maximização da absorção do CO₂ para a fotossíntese passaria a ter maior importância que a redução da transpiração, em termos de manutenção da produtividade, sob condições de seca.

Em relação a radiação solar incidente, estudos realizados por diversos autores indicam que o fotoperíodo exerce maior influência no desenvolvimento do café do que a própria radiação incidente, dessa forma, em locais de latitudes mais elevadas, maiores taxas de crescimento coincidem com épocas em que os dias são mais longos (Ferreira et al., 2013; Rodrigues et al., 2016; Leoni et al., 2011).

Os dados obtidos da distribuição das chuvas e a variação da evapotranspiração de referência, a evapotranspiração da cultura para o ciclo produtivo de 2018/2019 podem ser observados conforma apresentados no Gráfico 21.

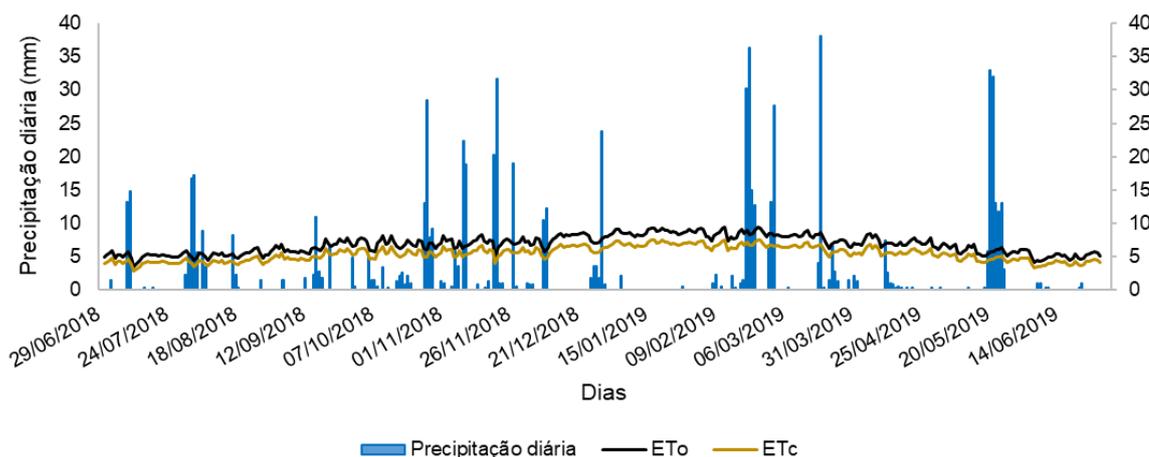


Gráfico 21. Distribuição dos eventos diários de chuva, evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura para o ciclo de 2018 a 2019.

Ao detalhar os dados exibidos no Gráfico 21 observa-se uma boa distribuição dos eventos chuvosos dentro do ciclo produtivo de julho de 2018 a junho de 2019. Diferente da safra anterior, as chuvas ocorreram de forma regular de modo a facilitar a irrigação suplementar durante o período experimental.

Durante o ciclo a média de dias sem qualquer tipo de evento de chuva ou irrigação foi de 2,83 dias, de modo que apenas após o mês de abril de 2019, houveram períodos em que a irrigação ficou suspensa por períodos acima de uma semana como em 01/04/2019 a 09/04/2019, 01/05/2019 a 09/05/2019, 21/06/2019 a 29/06/2019, em que a irrigação foi suspensa e não houve chuva por 9 dias, 24/05/2019 a 03/06/2019 e 09/06/2019 a 18/06/2019 em que não houve entrada de água no sistema solo-planta por 11 e 10 dias, respectivamente.

É importante destacar que nestes períodos em que houve interrupção da irrigação, para esta safra, corresponde ao período fisiológico de maturação dos frutos, como pode ser observado na Figura 1 e destacado por Pantoja et al. (2019).

Souza et al. (2014) relatam que a interrupção da irrigação precedente a colheita, por um período de 30 a 80 dias, ocasionou a uniformização da maturação e florada, e conseqüentemente, aumentou a produção, reduzindo os frutos verdes e chochos.

Enquanto Covre e Partelli (2012) indicam que a partir de abril, nota-se uma redução na taxa de acúmulo de massa nos frutos, podendo estar associada ao início da fase de maturação fisiológica dos frutos, fase em que ocorrem vários

processos químicos e metabólicos que permite aos frutos alcançarem o ponto ideal de colheita. Caracterizando o déficit hídrico como importante fator no aumento da produtividade durante a fase de maturação.

O Gráfico 22 exibe a correlação entre as lâminas de irrigação aplicadas com os acumulados mensais de chuva e evapotranspiração de referência para a safra de 2018/19.

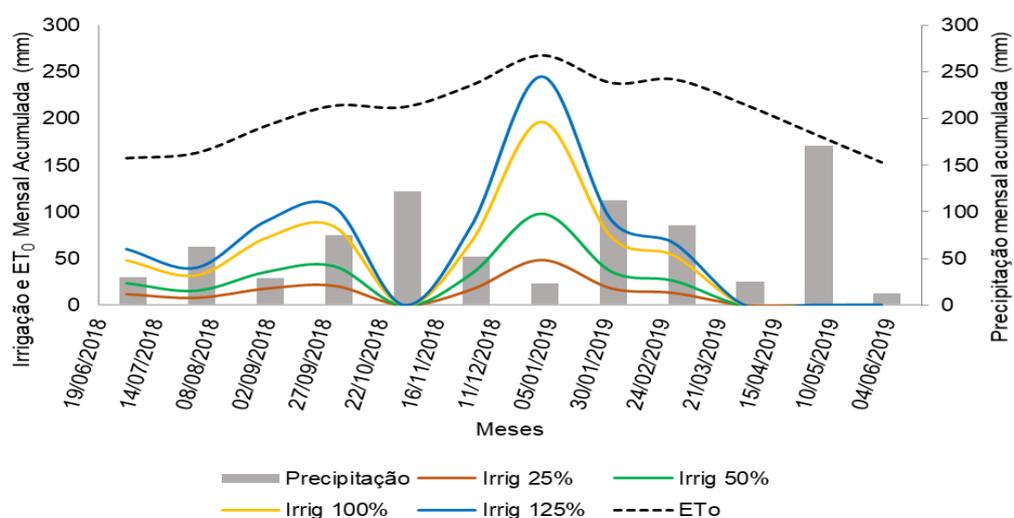


Gráfico 22. Acumulados mensais de irrigação, chuva e evapotranspiração de referência para o ciclo de cultivo de 2018 a 2019.

Conforme já discutido, observa-se que a partir do mês de abril de 2019 as irrigações foram reduzidas o que ocasionou um déficit hídrico principalmente nos meses de abril e junho.

Outro importante aspecto a ser observado é que entre os meses de dezembro a março houve uma irrigação maior sobre o estande do cafezal, que atendeu as demandas hídricas para a fase de expansão e granação dos frutos de café. De acordo com Covre e Partelli (2012) é nessa fase, a expansão, em que ocorre um rápido alongamento das células dos frutos, atingindo cerca de 80% do seu tamanho final, sendo de extrema importância a manutenção da irrigação de suplementação.

Na Tabela 11 estão detalhados o efeito da lâmina total e dos efeitos das condições climáticas ambientais, sobre a produção esperada e a obtida do café Conilon na região de Campos dos Goytacazes para a safra de 2018/2019.

Tabela 11. Produtividade média obtida e estimada para a safra de 2018/19 em função da lâmina total de água

Tratamento (%ET ₀)	Lamina total (mm)	Produtividade média obtida		Produtividade média estimada	
		sc·ha ⁻¹	Kg·ha ⁻¹	sc·ha ⁻¹	Kg·ha ⁻¹
0	773,40	35,57	2134,2	27,29	1637,54
25	945,32	31,55	1893,0	44,94	2696,47
50	1117,23	59,39	3563,4	60,82	3649,00
100	1461,06	102,18	6130,8	87,25	5234,87
125	1632,98	88,49	5309,4	97,80	5868,21

Conforme esperado diante dos resultados apresentados pela análise estatística exposta nas Tabelas 3 e 4, pode-se verificar com os dados exibidos na Tabela 11 que os tratamentos com aplicada de irrigação de 100 e 125% da ET₀ diferenciaram-se estatisticamente dos demais, com produções de 102,18 e 88,49 sc·ha⁻¹, respectivamente.

Também é nítido o ganho na produção geral para a safra de 2018/2019 em contraste com os ciclos anteriores, a produtividade é praticamente o dobro da safra de 2015/2016, e ainda maior se comparado às safras de 2016/17 e 2017/18.

Acredita-se que este aumento de produção esteja relacionado a alguns fatores como por exemplo idade do estande. Em trabalho avaliado por Ferrão et al. (2017), a variedade de Conilon Robusta tropical com 48 e 60 meses de idade apresentou uma produtividade em sacas beneficiadas de até 200 a 250% maior quando comparada a lavouras com apenas 24 meses de idade. Isso se deve ao fato de as plantas apresentarem bom desenvolvimento vegetativo e vigor após maior tempo de cultivo.

Da mesma forma que nos estudos descritos por Ferrão et al. (2017), no presente experimento inicialmente na safra de 2015/2016 o estande encontrava-se com idade de aproximadamente entre 24 e 36 meses. Enquanto na safra de 2018/19 as plantas já apresentavam uma idade de 48 a 60 meses, ou seja, apresentando resultados similares.

Outro ponto, o qual acredita-se ser preponderante para o aumento da produtividade foi a uniformidade de maturação por ocasião da colheita, como já discutido anteriormente. Diversos autores indicam que a uniformidade de maturação dos frutos reduz a presença de frutos verdes, chochos ou “passa” (Rezende et al., 2010; Ronchi et al., 2015; Santinato et al., 2017).

Além da boa uniformidade dos frutos apresentada na colheita da safra de 2018/2019, a irrigação elevada durante o período de janeiro a abril coincidiu com o período de rápida expansão e granação dos frutos, fase em que, o suprimento hídrico é essencial para o enchimento dos grãos, pois estes irão atingir até 80% do seu peso final aumentando a produtividade (Covre e Partelli, 2012).

Outro fator considerado de grande importância para o aumento na produtividade do café na safra de 2018/2019 foi a baixa produtividade na safra anterior. Esse ponto é relevante uma vez que os frutos atuam como dreno constante e sua produção extenua a planta de modo que as reservas e nutrientes são designados para seu enchimento e maturação (Santinato et al., 2015). Portanto, acredita-se que a baixa produtividade na safra de 2017/18 permitiu um melhor desenvolvimento vegetativo e reserva para a produção do ciclo seguinte.

Além disso, em outro experimento realizado por Santinato et al. (2014) os autores indicam que uma colheita muito agressiva, em que há grande extração de frutos ou danos ocasionados pela catação mecânica ou manual, prejudica severamente a produção para o ano seguinte, uma vez que ocorre redução da capacidade fotossintética, baixa proteção aos botões florais e pela maior exigência de nutrientes que o enfolhamento terá, destinando grande parte dos metabólitos para a recomposição vegetativa e pouco para a produção de frutos.

Por tanto, o fato da safra de 2018/2019 apresentar baixos índices produtivos, como consequência a depauperação dos pés de café também foi menor, uma vez que haviam menos frutos a serem colhidos, permitindo que as plantas mantivessem parte da sua estrutura vegetativa para o ciclo posterior.

A curva de resposta da produtividade em função da lâmina de água total para cada um dos tratamentos, bem como as lâminas de máxima produtividade física e máxima eficiência econômica, podem ser observadas no Gráfico 23.

Ao observar a curva da função de produção no Gráfico 23 pode-se perceber, assim como nos demais anos, a tendência na formação de uma parábola côncava para baixo, com seu pico máximo, ou seja valor em que a lâmina de máxima produtividade física é obtida em 2570,36 mm, com uma produção de 7449,36 Kg·ha⁻¹ ou 124 sc·ha⁻¹. Enquanto a lâmina que resulta no máximo rendimento econômico foi de 2363,67 mm, com uma produção de 122,88 sc·ha⁻¹.

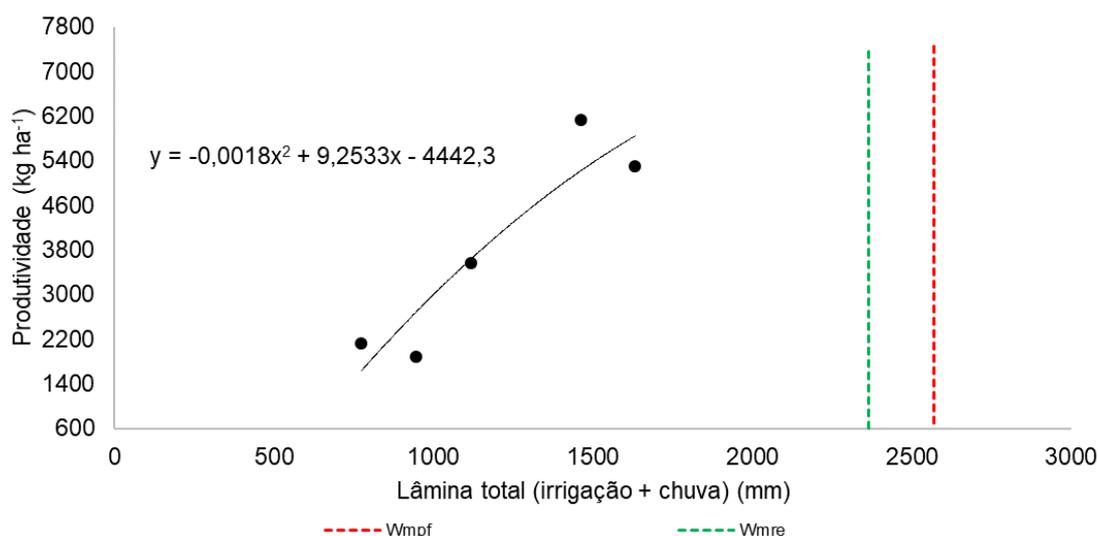


Gráfico 23. Função de produção para a safra de 2018/19 do café Conilon no município de Campos dos Goytacazes. W_{mpf} – Lâmina de máxima produtividade física; W_{mre} – Lâmina de máximo rendimento econômico.

Resultados alcançados por Silva et al. (2007) condizem com os obtidos neste experimentos, uma vez que estes autores, avaliaram que uma reposição de 161,1% da evaporação resultou em uma produtividade de 112,1 sc·ha⁻¹.

Apesar da curva apresentado no Gráfico indicar que um aumento da irrigação em 63%, aproximadamente 900 mm, elevaria a produção em 24 sc·ha⁻¹, acredita-se que apenas este fator não seria capaz de suprir as demandas fisiológicas da planta para tal aumento de produção, sendo necessário também elevar a aplicação de adubos e corretivos como relatam diversos autores (Bravin et al., 2019; Burak et al., 2016; Busato et al., 2015).

Um fator importante a ser discutido é o preço da saca de café para esta safra, pois, a partir dos dados levantados, apenas com uma lâmina superior ao tratamento de 50% da ET_0 , ou seja, 1117,23 mm, com uma produção acima de 60 sc·ha⁻¹ haveria lucro para o produtor, uma vez que o preço médio da saca de café para este ciclo produtivo foi de R\$233,85 sc⁻¹, sendo assim o menor valor pago dentre todas as safras avaliadas.

Na Tabela 12 são detalhados os valores do produto físico marginal e da relação fator preço da água pelo fator preço do produto, confirmando os dados discutidos a partir do Gráfico 23.

Tabela 12. Valores médios gerais do Produto Físico Marginal e relação entre fator preço da água e preço do café, considerando os valores de W_{mpf} e W_{mre} na safra de 2018/2019

Lâmina total (mm)	P_{FMA}	P_w/P_y
773,4	6,47	22,31
945,3	5,85	19,90
1117,2	5,23	17,49
1461,1	3,99	12,67
1633,0	3,37	10,25
2363,6	0,65	0,00
2570,4	0,00	-2,90

Ao avaliar a Tabela 12 percebe-se que os valores de relação entre P_w/P_y e P_{FMA} , são bem mais elevados do que para as safras anteriores. Este aumento se deve a elevação da produção em virtude dos fatores discutidos, como maturação uniforme, baixa produtividade na safra anterior, menor dano causado as plantas na safra anterior e idade mais avançada do estande cultural.

Além disso, pode-se perceber que os valores em que P_{FMA} e P_w/P_y equivalem a zero estão condizentes com as lâminas obtidas para máxima produtividade física e máximo rendimento econômico, respectivamente.

Assim como para as demais safras avaliadas, o Gráfico 24 traduz o comportamento da relação P_w/P_y , semelhante as ciclos anteriores observados, indicando um padrão de reta quando realacionada a lâmina total de água ao índice P_w/P_y , ou seja, a medida que a lâmina aumenta, reduz-se este índice.

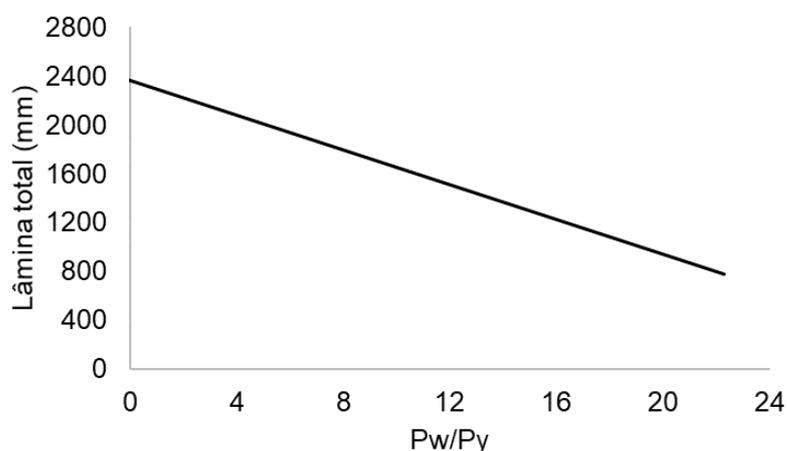


Gráfico 24. Relação média geral entre fator preço da água (P_w) e preço do café (P_y) em função da lâmina de água total, para safra de 2018/2019.

4.3 Resultados gerais e médios para todo período experimental

Com a finalidade de obter uma média geral das condições ambientais experimentais durante os quatro anos de experimento foi elaborado o Gráfico 25 no qual são exibidas as médias mensais de Radiação Solar, Temperatura do ar e Umidade relativa do ar para as quatro safras estudadas.

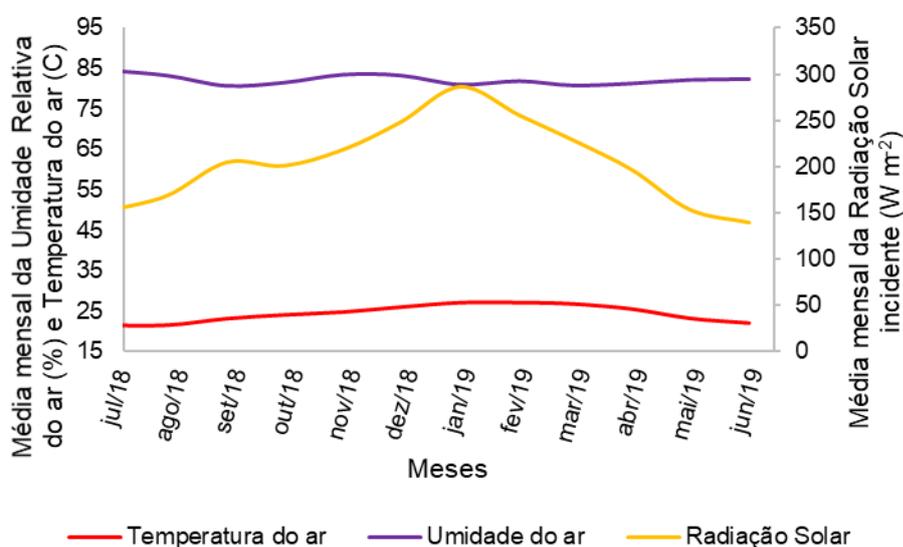


Gráfico 25. Dados gerais médios mensais climáticos para todos os quatro ciclos de cultivo entre 2015 a 2019.

Em relação a temperatura média do ar, pode-se observar que no geral ela atende as necessidades e condições específicas para cultivo do café Conilon, entre 22 a 26°C, como realtado por Ferrão et al. (2017). Uma ressalva deve ser feita, para os meses de janeiro e fevereiro, nos quais a média para a temperatura do ar ultrapassou os 27°C, havendo a necessidade de maior cuidado em relação a demanda hídrica e exposição a excesso de radiação solar.

Apesar de os índices de radiação solar para a região de Campos dos Goytacazes serem elevados principalmente no período de dezembro a março, conforme destacado por Cavatte et al. (2013) em diversas regiões do mundo, a cafeicultura foi estabelecida em regime de sombra, entretanto no Brasil, o modelo

predominante é o cultivo a pleno sol, portanto, o melhoramento genético do café foi direcionado para a adaptação da planta a condições sem sombreamento.

Para a Umidade relativa do ar média mensal nota-se uma variação máxima de aproximadamente 4%, com uma tendência de permanência entre 80 a 85%. Conforme já destacado, alguns autores sugerem que a umidade relativa ideal deve estar acima de 60%, dessa forma evitando transpiração excessiva das plantas, enquanto a umidade do ar acima de 80% favorece o surgimento de doenças fúngicas. Além disso, a alta umidade do ar também pode influir no aparecimento de desordens fisiológicas, como a deficiência de cálcio em folhas jovens em expansão, devido ao deficiente transporte desse elemento em função da restrição evapotranspirativa (Cunha e Rocha, 2016; Purqueiro e Tivelli, 2006).

Diante dos dados médios gerais apresentados pode-se considerar que o município de Campos dos Goytacazes possui condições ambientais favoráveis ao cultivo do café Conilon, uma vez que nos diversos dados analisados as condições estiveram em acordo com o recomendado para a cultura como destacado por Ferrão et al. (2017).

Entretanto, deve-se destacar a necessidade de suplementação hídrica por via de irrigação, pois durante alguns meses do ano ocorrem veranicos e variações climáticas, como picos de temperatura do ar, baixa umidade do ar e altas incidência de radiação solar que podem afetar diretamente de forma negativa a produtividade e desenvolvimento da cultura.

No Gráfico 26 são exibidos as médias dos acumulados mensais da precipitação, evapotranspiração de referência e volume de água aplicados por tratamento de forma geral para as quatro safras avaliadas.

Pela análise do Gráfico 26 pode-se perceber que a irrigação a partir de 100% da ET_0 em suplementação a precipitação, supriu a demanda evapotranspirativa média para as quatro safras avaliadas. É importante ressaltar que apenas os volumes de chuva e irrigações abaixo de 50% da ET_0 não atenderam as necessidades hídricas, fazendo com que as plantas submetidas a estes tratamentos sofressem déficit hídrico durante o período experimental.

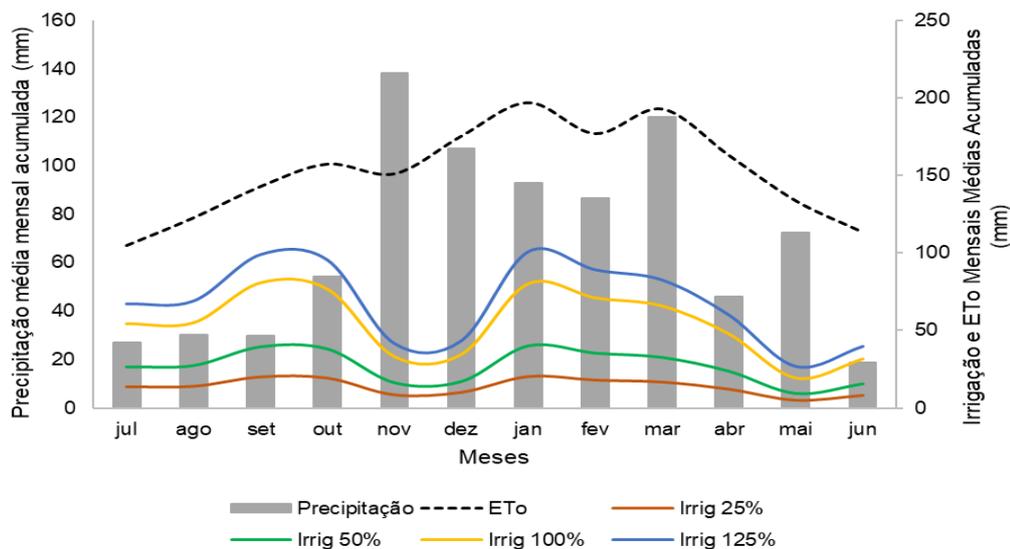


Gráfico 26. Acumulados gerais mensais de irrigação, chuva e evapotranspiração de referência para todos os quatro ciclos de cultivo entre 2015 a 2019.

Outro dado a ser destacado é o maior volume de chuva que ocorre entre os meses de novembro a março, acompanhado de um aumento também na demanda evapotranspirativa da região, dessa forma, apesar do bom volume médio de chuvas, deve-se fazer irrigação suplementar a fim de evitar longos períodos sem qualquer tipo de entrada de água no sistema solo-planta.

De acordo com Lopes et al. (2019) o cultivo do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) é realizado em áreas onde a deficiência hídrica é o principal fator limitante ao crescimento e a produção, o que torna necessário realizá-lo predominantemente sob irrigação.

Os mesmos autores ressaltam que o déficit hídrico é considerado um dos principais fatores limitantes para o desenvolvimento do cafeeiro. Assim, o suprimento de água em quantidades e intervalos corretos pode ocasionar melhor desenvolvimento da lavoura cafeeira, além de menores perdas para as plantas.

Na Tabela 13 são exibidos o resultado geral obtido com a média de produção das quatro safras avaliadas, com a média obtida e a estimada para a região de Campos dos Goytacazes, RJ.

Ao detalhar os resultados mostrados na Tabela 13 pode-se verificar que na média das quatro safras as produções obtidas para os tratamentos de 100 e 125% da ET_0 são estatisticamente equivalentes, entretanto, na prática a diferença na produção é expressiva e equivale a aproximadamente de 5 a 6 $sc \cdot ha^{-1}$, por

tanto, para um preço médio de 348,10 a saca, obtidos da média das quatro safras, a diferença em reais é entre R\$1.740,5 a R\$2.088,6 por hectare.

Tabela 13. Produtividade geral média obtida e estimada para todos os quatro ciclos de cultivo entre 2015 a 2019 em função da lâmina total de água

Tratamento (%ET ₀)	Lamina total (mm)	Produtividade média obtida		Produtividade média estimada	
		sc·ha ⁻¹	Kg·ha ⁻¹	sc·ha ⁻¹	Kg·ha ⁻¹
0	815,98	23,56	1413,3	21,34	1280,65
25	982,84	25,89	1553,3	30,16	1809,62
50	1146,92	35,37	2121,9	37,56	2253,75
100	1482,45	53,30	3197,7	48,79	2927,25
125	1644,97	47,25	2835,1	52,34	3140,15

Outro dado importante é que, na média nas condições deste experimento, para os tratamentos com lâminas abaixo de 50% da ET₀, o retorno financeiro obtido não compensou o investimento realizado, exceto para a safra de 2016/17 em que o preço médio da saca do café cotado estava alto com valor de R\$425,28 sc⁻¹.

Apesar da baixa produtividade média obtida neste experimento, no geral, a produção ficou acima da média nacional, que varia entre 35 sc·ha⁻¹ e 41,35 sc·ha⁻¹, segundo o INCAPER (2020) e MAPA (2020). Ressalta-se que há possibilidade de alcançar produções maiores para cultura do café Conilon na região de Campos dos Goytacazes, entretanto, requer um investimento e tecnologias em maior escala.

A curva média geral das quatro safras que relaciona a lâmina aplicada e a produtividade obtida para cada um dos tratamentos são apresentadas no Gráfico 27.

Pela análise gráfica pode-se confirmar os resultados já discutidos individualmente para as quatro safras, uma vez que, para as condições aplicadas neste experimento, a lâmina total de máxima eficiência econômica fica em torno de 1600 a 1800 mm, enquanto a lâmina de máxima produtividade física varia entre 1900 a 2000 mm. É importante ressaltar que os resultados obtidos no ciclo de 2018/2019 destoaram dos demais, o que elevou a média geral de W_{mre} e W_{mpf} .

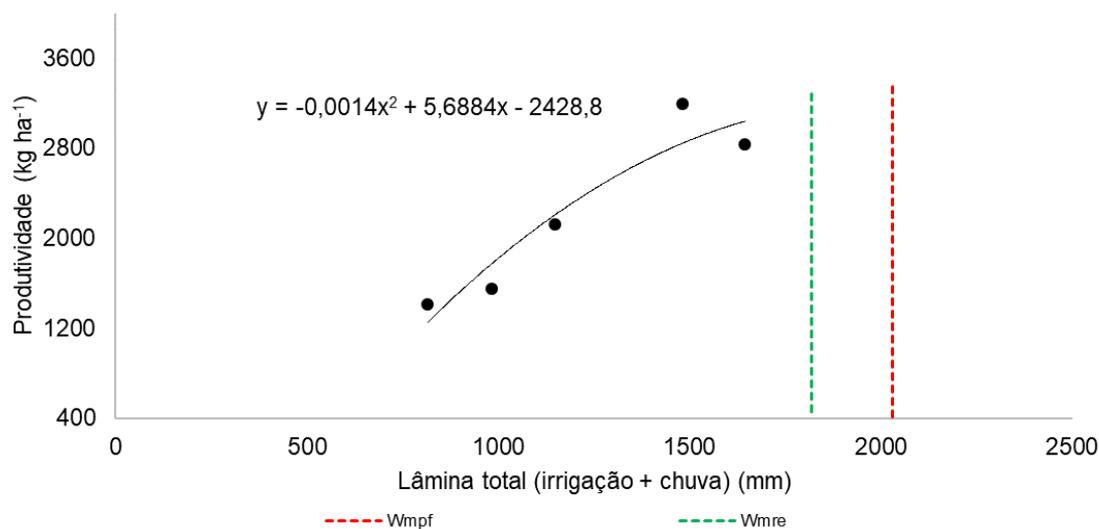


Gráfico 27. Função de produção para todos os quatro ciclos de cultivo entre 2015 a 2019 na cultura do café Conilon no município de Campos dos Goytacazes. Wmpf – Lâmina de máxima produtividade física; Wmre – Lâmina de máximo rendimento econômico.

Lima Junior et al., (2011) ressaltam que, quando a função de produção apresenta valores de W_{mpf} e W_{mre} muito aproximados pode estar relacionado, principalmente, ao tipo de sistema de irrigação que está sendo utilizado, pois como se trata de um sistema de irrigação localizado que se caracteriza por trabalhar com alta eficiência de aplicação, reduzindo os custos, o que possivelmente irá proporcionar valores reduzidos do preço do fator água.

Esse resultado ainda, indica que a irrigação deve ser feita de forma a garantir o máximo desenvolvimento vegetativo e produtivo da cultura, sob ótimas condições de umidade de solo.

Em contraponto, pode-se verificar que quando os custos de comercialização são elevados ou valor pago pela saca de café é baixo a distância entre os pontos de W_{mpf} e W_{mre} são mais distantes entre eles.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Diante dos resultados expostos e nas condições de trabalho apresentadas, conclui-se que as lâminas de água de 1684,25 mm, 1665,38 mm, 1759,07 mm e 2570,36 mm representam as lâminas de máxima produtividade física (W_{mpf}), para as safras de 2015/16, 2016/17, 2017/18 e 2018/19, respectivamente. Enquanto, as lâminas de 1440,67 mm, 1473,56 mm, 1591,99 mm e 2363,67 mm, correspondem as lâminas de máximo rendimento econômico (W_{mre}) para as safras de 2015/16, 2016/17, 2017/18 e 2018/19, respectivamente, nas condições deste experimento, na cultura do café Conilon para o município de Campos dos Goytacazes.

Na média das quatro safras, a lâmina de máxima produtividade física foi de 2031,57 mm e a lâmina de máximo rendimento econômico foi de 1819,49 mm. Em relação aos custos de comercialização do café Conilon, são necessários mais estudos na estimativa destes valores, uma vez que os valores praticados por cooperativas e associações divergem com dados encontrados nas literaturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café (2019). Consumo de café cresce no Brasil. Disponível em: <<http://abic.com.br/consumo-de-cafe-cresce-no-brasil/>> Acesso em: 14 de outubro de 2019.
- ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café (2018). Cafeicultura do Noroeste Fluminense é referência em qualidade. *Revista Cafeicultura*, 06. Mar.18. Disponível em: <<http://abic.com.br/cafeicultura-do-noroeste-fluminense-e-referencia-em-qualidade/>>. Acesso em: 06 de novembro de 2019.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). 301p. *FAO Irrigation and drainage paper n.º. 56*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 301p.
- Almeida, T.S., Sediya, G.C., de Alencar, L.P. (2017). Estimativa da produtividade de cafeeiros irrigados pelo método zona agroecológica espectral. *Revista engenharia na agricultura*, Viçosa, 25 (1):1-11.
- Almeida, C.M., Mendonça, J.C., de Souza, G.A.R., Garcia, A.D.B. (2019). Efeitos de diferentes lâminas de irrigação no desenvolvimento do café conilon (*Coffea*

- canephora), em Campos dos Goytacazes, RJ. *Anais do X Simpósio de Pesquisa dos cafés do Brasil*, 10, Vitória: Embrapa café, 10, 1-6.
- Aparecido, L.E.O., Rolim, G.S., Souza, P.S. (2014). Flowering and harvest in periods of macadamia walnut for areas of the southeastern coffee region. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 36 (1):165-173.
- Arve, L.E., Torre, S., Olsen, J.E., Tanino, K.K. (2011). Stomatal responses to drought stress and air humidity. In: Shanker, A., Venkateswarlu, B. (org). *Abiotic stress in plants - Mechanisms and adaptations*. 1. ed. Rijeka: IntechOpen, p. 267-308.
- Barros, P.A.M. *Modelagem computacional para cálculo da lâmina ideal para irrigação de cana-de-açúcar*. (2009). Dissertação (Mestrado em Modelagem Computacional) – Maceió – AL, Universidade Federal de Alagoas - UFAL, 131p.
- Barros, U. V., Matiello, J. B., Almeida, S. R. (2011). Produtividade inicial de novas seleções e cultivares de cafeeiros com resistência à ferrugem na zona da mata de minas. *Anais do XXXVI Congresso Brasileiro De Pesquisas Cafeeiras*, 36, Guarapari: SBPC, 1, p. 1-2.
- Belan, L.L., Silva, K.G., Tomaz, M.A., de Jesús Junior, W.C., do Amaral, J.A.T., do Amaral, J.F.T. (2011). Aspectos fisiológicos do cafeeiro conilon: uma abordagem sistemática. *Nucleus*, Ituverava, 8 (1):1-16.
- Bernardo, S., Soares, A.A., Mantovani, E.C. *Manual de irrigação*. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006, 625p.
- Bernardo, S. (2006). Manejo da irrigação na cana-de-açúcar. *Anais do Congresso XVI Nacional de Irrigação e Drenagem - CONIRD*, 16, Goiânia: ABID, 16, p. 72-80.
- Bilibio, C., Carvalho, J.A., Martins, M.A., Rezende, F.C., Freitas, E.A., Gomes, L.A.A. (2010). Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 14 (7):730-735.

- Bilas, R. A. (1993). *Teoria microeconômica*. 12. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 404p.
- Bonomo, D.Z. (2013). *Efeito de diferentes lâminas de irrigação em genótipos de cafeeiro conilon*. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – São Mateus – ES, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 55p.
- Bravin, N. P., Turcato, C. S., Domingues, C. G., Castor, G. R., Santos, T. R. D., Santos, M. R. G., Dias, J. R. M. (2019). Efeito da adubação potássica e sistemas de produção na produtividade de cafeeiros no estado de Rondônia. *Anais do X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, 10, Vitória: Embrapa café, 10, 1-4.
- Brige, F., Amabile, R.F., Fagioli, M., dos Santos Delvico, F.M., Sala, P.I.A.L. (2019). Indicadores genéticos de qualidade de grãos de café Conilon sob irrigação na savana brasileira. *X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, 10, Vitória: Embrapa café, 10, 1-4.
- Bunn, C., Läderach, P., Rivera, O.O., Kirschke, D. (2015). A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. *Climatic Change*, Switzerland, 129 (1):89-101.
- Burak, D.L., Santos, D.A., Passos, R.R. (2016). Variabilidade espacial de atributos físicos: relação com relevo, matéria orgânica e produtividade em café Conilon. *Coffee Science*, Lavras, 11 (4):455 – 466.
- Busato, C., dos Reis, E.F., Partelli, F.L., Garcia, G.O., Busato, C.C.M. (2015). Índices agronômicos da folha associados à produtividade do cafeeiro conilon irrigado sob doses de nitrogênio. *Anais do 41º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras – CBPC*, 41, Poços de Caldas: SBPC, 1, p. 1-3.
- Caldas, A.L.D., Lima, E.M.C., Rezende, F.C., de Faria, M.A., Diotto, A.V., Júnior, M.C.R.L. (2018). Produtividade e qualidade de café cv travessia em resposta à irrigação e adubação fosfatada. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, 12 (1):2357-2365.

- Camelo, H do N., Lucio, P.S., Gomes, O.M., Junior, J.B.V.L. (2016). Utilização de análise de correspondência para classificação da velocidade do vento no nordeste brasileiro. *Revista Principia*, João Pessoa, 1 (31):24-30.
- Camargo, Â.P.D., Camargo, M.B.P.D. (2001). Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. *Bragantia*, Campinas, 60 (1):65-68.
- Cararo, D.C., Duarte, S.N. (2002). Injeção de CO₂ e lâminas de irrigação em tomateiro sob estufa. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 20 (3):432-437.
- Carvalho, J.D.A., Rezende, F.C., Aquino, R.F., Freitas, W.A.D., Oliveira, E.C. (2011). Análise produtiva e econômica do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 15 (6):569-574.
- Cavatte, P.C., Rodrigues, W.N., do Amaral, J.F.T., Pereira, S.M.A., Venancio, L.P. (2013). Arborização em café conilon: aspectos microclimáticos, fisiológicos e nutricionais. In: Tomaz, M.A., do Amaral, J.F.T., de Oliveira, F. L., Coelho, R.I. (org). *Tópicos Especiais em Produção Vegetal IV*. 1 ed. Alegre: CAUFES, p. 421-444.
- CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. (2019). *Indicador do café robusta*. ESALQ, Piracicaba. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/cafe.aspx>> Acesso em: 30 de outubro de 2019.
- Chebil, A., Frija, A. (2014). Impact of improving irrigation water use efficiency on the valorization of water resources: case of irrigated wheat production systems in central Tunisia. *The Economic Research Forum*, Giza, 1 (865):1-13.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2018). *Acompanhamento da safra brasileira de café - Primeiro levantamento*, Brasília, v. 5, n. 1, p. 55. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 30 de novembro de 2020.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2019). *Acompanhamento da safra brasileira de café - Primeiro levantamento*, Brasília, v. 6, n. 1, p. 1-62.

Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 16 de outubro de 2019.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2020). *Série histórica das safras*. Brasília, DF. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

Conceição, C.G.D. (2016). *Análise do crescimento e produtividade econômica do feijoeiro irrigado na região de Alegrete, RS*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Santa Maria – RS, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, 70p.

Consórcio Pesquisa Café. Vitória – INCAPER 8142. (2020). EMBRAPA Café, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/2016-05-27-17-05-35/493-vitoria-incaper-8142>>. Acesso em: 01 de dezembro de 2020.

Costa, L.D. da. (2016). Policiamento Rural: patrulhas rurais comunitárias. *Revista Brasileira de Estudos de Segurança Pública*, Goiânia, 9 (2):51-58.

Covre, A.M., Partelli, F.L. (2012). Acúmulo de matéria seca em frutos de cafeeiro conilon irrigado e não irrigado, no estado da Bahia. *Anais do 38º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras*, 38, Caxambu: SBPC, 1, p. 356-357.

Cunha, J.L. de O., Pordeus, R.V., Silva Junior, M. J. da, Pontes, F.S.T., Azevedo, C.A.V. de. (2012). Impactos econômicos da depreciação de sistemas de irrigação por gotejamento nos custos da produção agrícola. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, 8 (15):1008-1020.

Cunha, K.C.B.da, Da Rocha, R.V. (2016). Automação no processo de irrigação na agricultura familiar com plataforma Arduino. *Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar*, Tupã, 1 (2):62-74.

Deng, N., Ling, X., Sun, Y., Zhang, C., Fahad, S., Peng, S., Huang, J. (2015). Influence of temperature and solar radiation on grain yield and quality in irrigated rice system. *European Journal of Agronomy*, Edinburgh, 64 (1):37-46.

English, M. (1990). Deficit irrigation. I: Analytical framework. *Journal of irrigation and drainage engineering*, Miami, 116 (3):399-412.

- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2020). *Sumário Executivo – Café*. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/Sumario_Cafe_Fevereiro_2020.pdf>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1999). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa, 412p.
- Ferrão, R.G., De Muner, L.H., da Fonseca, A.F.A., Ferrão, M.A.G. (2017). *Café Conilon*. 2. ed. Vitória: INCAPER, 784p.
- Ferrão, R.G., Volpi, P.S., Ferrão, M.A.G., Bragança, S.M., da Fonseca, A.F.A., Verdin Filho, A. C. (2015). *Cultivares de café conilon*. In: Ferrão, R.G., De Muner, L.H., da Fonseca, A.F.A., Ferrão, M.A.G. *Café Conilon*. 2. ed. Vitória: INCAPER, 202-225p.
- Ferreira, V.M. (2011). *Irrigação e drenagem*. 1. ed. Florianópolis: EDUFPI, 126p.
- Ferreira, W.P.M., Fernandez Filho, E.I., Ribeiro, M.D.F., Souza, C.D.F. (2013). Influência da radiação solar na cafeicultura de montanha. *Anais do VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, 8, Salvador: Embrapa café, 1, 1-5.
- Figueiredo, M.G.D., Pitelli, M.M., Frizzone, J.A., Rezende, R. (2007). Lâmina ótima de irrigação para o feijoeiro considerando restrição de terra e aversão ao risco. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, 29 (5):593-598.
- Frizzone, J.A., Andrade Júnior, A.S. de. (2005). *Planejamento de irrigação: análise de decisão de investimento*. 1. ed. Brasília: EMBRAPA. 626p.
- Gachena, D., Kebebew, S. (2014). Analysis of coffee marketing cost and margins in South West, Ethiopia. *Journal of Agricultural Research*, 3(1):165-173.
- Gardner, W.R., Gardner, H.R. (1983). Principles of water management under drought conditions. *Developments in Agricultural and Managed Forest Ecology*. Elsevier, Edinburgh, 7 (3):143-155.
- Geerts, S., Raes, D. (2009). Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, 96 (9):1275-1284.

- Gottardo, R. D. (2016). *Desenvolvimento inicial de (Coffea canephora) submetidos à irrigação superficial e subsuperficial em Campos dos Goytacazes-RJ*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 75p.
- Hall, A.J., Richards, R.A. (2013). Prognosis for genetic improvement of yield potential and water-limited yield of major grain crops. *Field Crops Research*, Edinburgh, 143 (1):18-33.
- Hargreaves, G.H., Samani, Z.A. (1984). Economic considerations of deficit irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage engineering*, Miami, 110 (4):343-358.
- INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (2018). *Gráficos de série histórica*. Vitória, ES. Disponível em: <<https://meteorologia.incaper.es.gov.br/graficos-da-serie-historica>>. Acesso em: 30 de outubro de 2019.
- INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (2020). *Cafeicultura – Café Conilon*. Vitória, ES. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/cafeicultura-conilon>. Acesso em: 13 de outubro de 2020.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. *Normais climatológicas – Período de 1981 – 2010*. (2020). Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em: 25 de novembro de 2020.
- Júnior, J.A., Pereira, G.M., Geisenhoff, L.O., Da Silva, W.G., Vilas-Boas, R.C., Lobato, A.K. (2011). Comportamento produtivo e econômico da alface americana em função de diferentes lâminas de água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 15 (11):1161-1168.
- Lima Júnior, J.A., Pereira, G.M., Geisenhoff, L.O., Costa, G.G., Vilas Boas, R.C., Yuri, J.E. (2010). Efeito da irrigação sobre o rendimento produtivo da alface americana, em cultivo protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 14 (8):797-803.

- Lima Junior, J.A.D., Pereira, G.M., Geisenhoff, L.O., Costa, G.G., Reis, R.P., Oliveira, L.F.C.D. (2011). Avaliação econômica da produção de alface americana em função de lâminas de irrigação. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 35 (2):392-398.
- Locatelli, V., de Medeiros, R.D., Smiderle, O.J., Albuquerque, J., Araújo, W.F., de Souza, K.T. (2014). Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 18 (6):574-580.
- Lopes, L.C.L., Vieira, H.D., Vieira, G.H.S., de Souza, E.F. (2019). Projeto de aplicativo móvel capaz de fornecer informações para o manejo de irrigação do café Conilon. *Irriga*, Botucatu, 24 (4):874-889.
- Lyra, G.B., Ponciano, N.J., Sousa, E.F.D., Bernardo, S., Daher, R.F., Pereira, M.G., Marinho, A.B. (2008). Estimativa dos níveis ótimos e econômicos de irrigação no mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivar Golden nas condições do norte do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 30 (2):390-395.
- Mantovani, E.C., Zambolim, L., Souza, D.O., Sedyama, G.C., Palaretti, L.F. (2018). Produtividade e qualidade de tubérculos de batata sob diferentes regimes de irrigação por aspersão convencional. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 31 (4):528-533.
- MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2019). *Agropecuária brasileira em números*. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/agropecuaria-brasileira-em-numeros>> Acesso em: 06 de outubro de 2019.
- MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2020). *Sumário Executivo – Café*. Brasília, DF. Disponível em: <www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/Sumario_Cafe_julho_2020.pdf>. Acesso em: 13 de outubro de 2020.
- Martins, A.L. (2012). *História do café*. 2. ed. São Paulo: Editora Contexto, 322p.

- Martins, E., Aparecido, L.E.D.O., Santos, L.P.S., Mendonça, J.M.A.D., Souza, P.S.D. (2015). Influência das condições climáticas na produtividade e qualidade do cafeeiro produzido na região do sul de Minas Gerais. *Coffee Science*, Lavras, 10 (4):499-506.
- Meireles, E., Volpato, M., Alves, H., Vieira, T.G.C. (2007). Zoneamento agroclimático: um estudo de caso para o café. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 28 (241):50-57.
- Mendonça, R.F., Rodrigues, W.N., Martins, L.D., Tomaz, M.A. (2011). Abordagem sobre a bienalidade de produção em plantas de café. *Enciclopédia Biosfera*, Jandaia, 7 (13):1-9.
- Molden, D. (2013). *Water for food water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture*. 1. ed. Londres: Routledge, 688p.
- Monteiro, R.O.C., Costa, R.N.T., Leão, M.C.S., de Aguiar, J.V. (2007). Aspectos econômicos da produção de melão submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. *Irriga*, Botucatu, 12 (3):364-376.
- Oliosi, G., Giles, J.A.D., Rodrigues, W.P., Ramalho, J.C., Partelli, L.F. (2016). Microclimate and development of *Coffea canephora* cv. Conilon under different shading levels promoted by Australian cedar (*Toona ciliata* M. Roem. var. *Australis*). *Australian Journal of Crop Science*, Brisbane, 10 (4):528-538.
- Oliveira Aparecido, L.E. de, de Souza Rolim, G., Camargo Lamparelli, R.A., de Souza, P.S., dos Santos, E.R. (2017). Agrometeorological models for forecasting coffee yield. *Agronomy Journal*, Madison, 109 (1):249-258.
- Oliveira, E.C., Carvalho, J.A., Silva, W.D., Rezende, F.C., Gomes, L.A.A, Jesus, M.C.N. (2011a). Análise produtiva e econômica do pepino japonês submetido a diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 15 (7):702-708.
- Oliveira, E.C., Carvalho, J.D.A., Rezende, F.C., Freitas, W.A.D. (2011b). Viabilidade técnica e econômica da produção de ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivada sob diferentes lâminas de irrigação. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, 31 (2):324-333.

- Oliveira, E.C., Carvalho, J.A., Rezende, F.C., Almeida, E.F.A., Reis, R.P. (2016). Função de produção para a roseira cultivada em sistema de produção integrada. *Revista Engenharia Na Agricultura*, Viçosa, 24 (6):473-483.
- Oliveira, E.M.D. (2014). *Produtividade dos treze clones do cafeeiro conilon vitória submetido a diferentes lâminas de irrigação*. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 97p.
- Oliveira, G.C.D., Teixeira, E.C. (2010). Componentes dos custos de comercialização FOB de café. *Revista de Política Agrícola*, 19 (4):5-13.
- Oliveira, I.P. de, Oliveira, L.C., De Moura, C.S.F.T. (2012). Cultivo de café: pragas, doenças, correção do solo, adubação e consórcio. *Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos*, Montes Belos, 5 (4):56-77.
- Oliveira Neto, D.H., Ribeiro, R.D.L.D., Guerra, J.G.M., Rouws, J.R.C. (2016). Manejo da irrigação associada a coberturas mortas vegetais no cultivo orgânico da beterraba. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, 31 (2):269-277.
- Osti, A.M., Dallacort, R., Grzebieelluckas, G., Barbieri, J.D. (2017). Influência do manejo das lâminas de irrigação na receita líquida do amendoim no Mato Grosso. *Anais do XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, 16, Maceió: SBEA, 1, p.1-7.
- Ovalle-Rivera, O., Läderach, P., Bunn, C., Obersteiner, M., Schroth, G. (2015) Projected Shifts in *Coffea arabica* suitability among major global producing regions due to climate change. *PLoS ONE*, San Francisco, 10 (4):124-155.
- Paes, H.M.F., Esteves, B.D.S., Sousa, E.F.D. (2012). Determinação da demanda hídrica do quiabeiro em Campos dos Goytacazes, RJ. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, 43 (2):256-261.
- Pantoja, P.H.B., Silva, J.G.F.D., Galeano, E.A.V., Ramos, H.E.D.A., Medeiros, T.T.B.D. (2019). Balanço hídrico, distribuição da precipitação e produtividade do café Conilon em Pinheiros-ES. *Anais do X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, 10, Vitória: Embrapa café, 10, 1-6.

- Partelli, F.L., Araújo, A.V., Vieira, H.D., Dias, J.R.M., Menezes, L.F.T., Ramalho, J.C. (2014). Microclimate and development of 'Conilon' coffee intercropped with rubber trees. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 49 (11):872-881.
- Pelegri, L.A.C., de Araújo, M.S.P., Guimarães, C.M., de Sousa, E.F., de Carvalho, D.F. (2020). Função de produção do girassol submetido a diferentes lâminas de irrigação. *Irriga*, Botucatu, 25 (2):234-246.
- Pereira, L.S., Cordery, I., Iacovides, I. (2012). Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. *Agricultural water management*, Edinburgh, 108 (1):39-51.
- Pinheiro, A.A., Ribeiro, W.R., Gonçalves, M.S., Ferreira, D.S., dos Reis, E.F. (2017). Comparação de métodos de estimativa de evapotranspiração na cultura do cafeeiro conilon. *Anais do Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem – CONIRD/INOVAGRI*, 26, Ceará: ABID, 1, p. 1-6.
- Prezotti, L.C. *Sistema de recomendação de calagem e adubação*. (2014). Disponível em: <<http://www.incaper.es.gov.br/downloads>>. Acesso em: 20 de outubro de 2019.
- Purquerio, L.F.V., Tivelli, S.W. (2006). *Manejo do ambiente em cultivo protegido*. Manual técnico de orientação: projeto hortalimento. 1. Ed. São Paulo: CODEAGRO, p. 15-29.
- Rezende, F.C., Arantes, K.R., Oliveira, S.D.R., Faria, M.A.D. (2010). Cafeeiro recepado e irrigado em diferentes épocas: produtividade e qualidade. *Coffee Science*, Lavras, 5 (3):229-237.
- Rodrigues, N. A. (2013). *Comportamento dos custos de produção do café arábica em relação aos fatores climáticos*. Dissertação (Mestrado em Administração) – Uberlândia – MG, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, 133p.
- Rodrigues, W.P., Freitas, S.D.J., Vieira, H.D., Cavalcanti Filho, P.F.M., Almeida, M.L.L. (2012). Produtividade de *Coffea canephora* na região noroeste Fluminense do estado do Rio de Janeiro. *Anais do 38º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras – CBPC*, 38, Caxambu: SBPC, 1, p.1-2.

- Rodrigues, W.P., Martins, L.D., Partelli, F.L., Lidon, F.J.C., Leitão, A.E., Ribeiro-Barros, A.I., DaMatta, F.M., Ramalho, J.C. (2016). *Interação de altas temperaturas e déficit hídrico no cultivo de café Conilon (Coffea canéfora Pierre ex A. Froehner)*. In: Partelli, F.L., Bonomo, R. (org). *Café Conilon: O clima e o manejo da planta*. 1 ed. Alegre: CAUFES, 176p.
- Ronchi, C.P., Araújo, F.C.D., Almeida, W.L.D., Silva, M.A.A.D., Magalhães, C.E.D.O., Oliveira, L.B.D., Drumond, L.C.D. (2015). Respostas ecofisiológicas de cafeeiros submetidos ao deficit hídrico para concentração da florada no Cerrado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 50 (1):24-32.
- Sadok, W., Sinclair, T.R. (2011). Crops yield increase under water-limited conditions: review of recent physiological advances for soybean genetic improvement. *Advances in Agronomy*, Edinburgh, 113 (1):325-349.
- Santana, M.J., Carvalho, J.A., Andrade, M.J.B., Gervásio, G.G., Braga, J.C., Lepri, E.B. (2009). Viabilidade técnica e econômica da aplicação de água na cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 33 (2):532-538.
- Santinato, F., de Oliveira Tavares, T., da Silva, R.P., da Silva, C.D., Ormond, A.T.S. (2017). Estratégia para uniformização da maturação de frutos do cafeeiro. *Estratégia para uniformização da maturação de frutos do cafeeiro*. *Agrarian*, Goiânia, 10 (38):321-327.
- Santinato, F., Ruas, R.A.A., Silva, R.P., Tavares, T.O., Santinato, R. (2014). Correlação entre danos às plantas e variação da produtividade entre duas safras em anos de bienalidade positiva e negativa. *Anais do 40º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras – CBPC*, 40, Serra Negra: SBPC, 1, p.1-2.
- Santinato, F., Santinato, R., Ferreira, R.T., Tavares, L.A., Lima, D.G. (2015). Época de colheita do café e variação da produtividade em função de seu atraso. *Anais do 41º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras – CBPC*, 41, Poços de Caldas: SBPC, 1, p.1-2.

- Scalco, M., Alvarenga, L., Guimarães, R., Colombo, A., Assis, G. (2011). Cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em plantio superadensado. *Coffee Science*, Lavras, 6 (3):193-202.
- Serra, E.L., Scalco, M.S., Guimarães, R.J., Colombo, A., Morais, A.R.D., Carvalho, C.H.M.D. (2013). Funções de produção do cafeeiro irrigado em diferentes densidades de plantio. *Coffee Science*, Lavras, 8 (2):157-165.
- Silva, C.A., Teodoro, R.E.F., Melo, B., Silva, C.J., Almeida, M.S., Lambert, R.A. (2007). Produtividade e qualidade de bebida de café (*Coffea arabica* L.) submetido a lâminas de irrigação. *Anais do 33º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras – CBPC*, 33, Lavras: SBPC, 1, p.1-3.
- Silva, C.J. da, de Carvalho Pontes, N., Golynski, A., Braga, M.B., Quezado-Duval, A.M., da Silva, N.E.P. (2018). Resposta do tomateiro industrial a diferentes níveis de reposição da evapotranspiração da cultura. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 36 (3):14-26.
- Silva, M.L., Jacovine, L.A.G., Valverde, S.R. (2002). *Economia florestal*. 1. ed. Viçosa: UFV, 178p.
- Silveira, L., Esperancini, M.S.T., de Souza Barbosa, F., Soratto, R.P. (2020). Colheita do café de qualidade: custo e retorno para os produtores da região de Mantiqueira de Minas-MG. *Energia na Agricultura*, 35 (3):437-446.
- Simões, R.O., Faroni, L.R.A., Queiroz, D.M. (2008). Qualidade dos grãos de café (*Coffea arábica* L.) em coco processados por via seca. *Revista Caatinga*, Mossoró, 21 (2):139-146.
- Sousa, E.F., Bernardo, S., Carvalho, J.A. (1999). Função de produção da cana-de-açúcar em relação à água para três variedades, em Campos dos Goytacazes, RJ. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, 19 (1):28-42.
- Sousa, J. W., de Oliveira, P. F. (2018). Risco climático para o café Conilon (*Coffea canephora*) nos municípios de Rio Branco, Tarauacá e Cruzeiro do Sul, AC. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, Porto Velho, 7 (2):31-40.

- Souza, J. M. de, Bonomo, R., Magiero, M., Bonomo, D. Z. (2014). Interrupção da irrigação e maturação dos frutos de café Conilon. *Científica*, São Paulo, 42 (2):170-177.
- Stewart, J.I., Hagan, R.M. (1973). Functions to predict effects of crop water deficits. *Journal of the irrigation and drainage division*, Miami, 99 (4):421-439.
- Valeriano, T.T.B., Santana, M.J., de Souza, S.S., da Costa Pereira, U., Campos, T.M. (2017). Lâmina ótima econômica para o tomateiro irrigado cv. Andréa em ambiente protegido. *Revista Inova Ciência & Tecnologia*, Uberaba, 3 (2):13-19.
- Venancio, L.P., Cunha, F.F., Mantovani, E.C. (2016). Demanda hídrica do cafeeiro Conilon irrigado por diferentes sistemas de irrigação. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, 10 (4):676-776.
- Verdin Filho, A.C. (2011). *Influência do espaçamento e densidade de hastes em café conilon conduzido com a poda programada de ciclo*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Alegre – ES, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 67p.
- Vieira, G.H.S., Mantovani, E.C., Sedyama, G.C., Costa, E., Delazari, F. (2012). Produtividade de colmos e rendimento de açúcares da cana-de-açúcar em função de lâminas de água. *Irriga*, Botucatu, 17 (2):234-244.
- Vieira, G.H.S., Mantovani, E.C., Sedyama, G.C., Delazari, F.T. (2014). Produtividade e rendimento industrial da cana-de-açúcar em função de lâminas de irrigação. *Bioscience Journal*, Uberlândia, 30 (3):55-64.
- Vicente, M.R., Mantovani, E.C., Fernandes, A.L.T., Delazari, F.T., Figueredo, E.M. (2015). Efeito de diferentes lâminas de irrigação nas variáveis de desenvolvimento e produção do cafeeiro irrigado por pivô central. *Irriga*, Botucatu, 20 (3):528-543.
- Vicente, M.R., Mantovani, E.C., Fernandes, A.L.T., Neves, J.C.L., Delazari, F.T., Figueredo, E.M. (2017). Efeitos da irrigação na produção e no desenvolvimento do cafeeiro na região oeste da Bahia. *Coffee Science*, Lavras, 12 (4):544–551.
- Vilas Boas, R. C., Carvalho, J. D. A., Gomes, L. A. A., Sousa, A. M. G. D., Rodrigues, R. C., Souza, K. J. D. (2008). Avaliação técnica e econômica da

produção de duas cultivares de alface tipo crespa em função de lâminas de irrigação. *Ciência e agrotecnologia*, Lavras, 32 (2):525-531.

APÊNDICES

CUSTOS DA ATIVIDADE: PLANTIO DE CAFÉ CONILON VITÓRIA					
PLANILHA DE AUXILIO AO PRODUTOR P/ COMPRAS INSUMOS E RETIRADA NOTAS					
8.1- INSUMOS:(POR HECTARE)	UNIDADE	QUANT.	V UNITÁRIO	VALOR/HA	V. TOTAL
Hebicida Glifosaato	L	3,0	14,00	42,00	168,00
Calcário	Sc	42,5	8,00	340,00	1.360,00
Esterco orgânico(palha café/esterco galinha)	ton	8,3	100,00	833,00	3.332,00
FTE BR 12	Sc	0,5	75,00	37,50	150,00
Super simples	sc	7,0	45,00	315,00	1.260,00
Fertilizantes (20:00:20)	Sc	12,0	65,00	780,00	3.120,00
Muas cl 10% p/ replantio	UNIDADE	3.050,0	0,70	2.135,00	8.540,00
Insumos fungicidas	kg	6,0	80,00	480,00	1.920,00
SUBTOTAL INSUMOS				4.962,50	19.850,00
8.2- MÃO DE OBRA:(POR HECTARE)	UNIDADE	QUANT.	V UNITÁRIO	VALOR/HA	V. TOTAL
Capina química	D/H	2,0	100,00	200,00	800,00
Marcação e Abertura de Covas	D/H	12,0	70,00	840,00	3.360,00
Enchimento das Covas/adubação e mistura	D/H	8,0	70,00	560,00	2.240,00
Plantio	D/H	6,0	70,00	420,00	1.680,00
Adubação de cobertura	D/H	3,0	70,00	210,00	840,00
Coroamento e roçagem	D/H	6,0	70,00	420,00	1.680,00
Aplicação de calcário	D/H	3,0	70,00	210,00	840,00
Tratos culturais	D/H	10,0	70,00	700,00	2.800,00
Tratos fitossanitários	D/H	6,0	70,00	420,00	1.680,00
Mão de obra fixa	D/H	1,0	95,59	95,59	382,36
Tratos culturais	D/H	12,0	67,75	813,00	3.252,00
SUB-TOTAL/HA				4.888,59	19.554,36

Figura 1A. Planilha de custos para implantação do café Conilon Vitória. Fonte: Adaptado de Alciro Lamão Lazzarini extensionista do INCAPER de Alfredo Chaves (2016).

Cooxupé Desenvolvimento Técnico		Custo de Produção de Café - 4.000 pl/ha - RENQUE COLHEITA MECANIZADA 1 junho, 2018 Valores em Real (R\$)												
Especificação	Unidade	Preço Unitário (R\$)	40 sacos / ha			50 sacos / ha			60 sacos / ha			% Total		
			Coefficiente Técnico	Valor Total R\$	% Simples	Coefficiente Técnico	Valor Total R\$	% Simples	Coefficiente Técnico	Valor Total R\$	% Simples			
Superfósforo Simples	Kg	1,13	350,00	395,50	7,83	3,52	400,00	452,00	8,23	3,66	500,00	565,00	9,45	4,09
Fertilizante 25:00:25	Kg	1,67	1.600,00	2.672,00	53,69	23,75	1.800,00	3.005,00	64,71	24,52	2.000,00	3.340,00	56,87	24,17
Foliar Quelatizado	l	9,05	12,00	108,55	2,18	0,96	12,00	108,55	1,98	0,88	12,00	108,55	1,82	0,79
BR Solo Boro	Kg	2,50	40,00	100,00	2,01	0,89	45,00	112,50	2,05	0,92	55,00	137,50	2,30	1,00
Acaricida	l	87,83	0,60	52,70	1,05	0,47	0,60	52,70	0,96	0,43	0,60	52,70	0,88	0,38
Calciário	Ton	155,61	2,00	311,22	6,24	2,77	2,00	311,22	5,66	2,54	2,00	311,22	5,21	2,25
Fungicida a Base de cobre	Kg	21,78	8,00	174,20	3,49	1,55	8,00	174,20	3,17	1,42	8,00	174,20	2,91	1,26
Fung. protetor pré-forada	kg	624,26	0,15	93,64	1,88	0,83	0,30	187,26	3,41	1,53	0,30	187,26	3,13	1,36
Fungicida de Solo	Kg	370,00	1,00	370,00	7,42	3,29	1,00	370,00	6,73	3,02	1,00	370,00	6,19	2,68
Inseticida de Solo	kg	201,40	1,00	201,40	4,04	1,79	1,00	201,40	3,67	1,64	1,00	201,40	3,37	1,46
Inseticidas (Broca)	L	23,20	1,50	34,80	0,70	0,31	1,50	34,80	0,63	0,28	1,50	34,80	0,58	0,25
Inseticidas (Bicho Mineiro)	Kg	1.207,78	0,09	108,70	2,18	0,97	0,09	108,70	1,98	0,88	0,09	108,70	1,82	0,79
Fungicida Foliar Sistêmico	kg	73,00	2,50	182,50	3,66	1,62	2,50	182,50	3,32	1,49	2,50	182,50	3,05	1,32
Herbicida Pós Emerg.	L	10,70	6,00	64,20	1,29	0,57	6,00	64,20	1,17	0,52	6,00	64,20	1,07	0,46
Sacaria Nova (Tipo Exp.)	Un	-	40,00	-	-	-	50,00	-	-	-	60,00	-	-	
Utensílios	%	-	2,40	116,87	2,34	1,04	2,40	128,78	2,34	1,05	2,40	140,11	2,34	1,01
Sub-total A			4.968,27		44,92%		5.404,83		44,82%		5.976,15		43,36%	
Aplicação de Defensivos	Ht	120,00	6,00	720,00	11,49	6,40	6,00	720,00	10,64	5,87	6,00	720,00	9,18	5,21
Arruação + Esparramação	Ht	120,00	1,00	120,00	1,92	1,07	1,00	120,00	1,77	0,98	1,00	120,00	1,53	0,87
Aplicação de Calciário	Ht	120,00	1,00	120,00	1,82	1,07	1,00	120,00	1,77	0,98	1,00	120,00	1,53	0,87
Adubação em Cobertura	Ht	120,00	2,00	240,00	3,83	2,13	2,00	240,00	3,55	1,96	2,00	240,00	3,06	1,74
Roadeira mecânica	Ht	120,00	2,00	240,00	3,83	2,13	2,00	240,00	3,55	1,96	2,00	240,00	3,06	1,74
Destrota	Dh	66,77	8,00	558,16	8,91	4,68	8,00	558,16	8,25	4,55	8,00	558,16	7,12	4,04
Colheita mecânica	Hm	210,00	4,50	945,00	15,08	8,40	5,00	1.050,00	15,52	8,56	6,00	1.260,00	16,07	9,12
Colheita - repasse	Dh	136,54	6,00	837,24	13,38	7,44	7,00	978,78	14,44	7,97	10,00	1.395,40	17,80	10,10
Capinas Manuais + retoque	Dh	66,77	6,00	418,62	6,68	3,72	6,00	418,62	6,19	3,41	6,00	418,62	5,34	3,03
Capina Química	Ht	120,00	2,00	240,00	3,83	2,13	2,00	240,00	3,55	1,96	2,00	240,00	3,06	1,74
Secagem	Dh	136,54	7,00	978,78	15,69	8,68	8,00	1.116,32	16,50	9,11	10,00	1.396,40	17,80	10,10
Beneficiamento	Sc	7,00	40,00	280,00	4,47	2,49	50,00	350,00	5,17	2,85	60,00	420,00	5,36	3,04
Transporte	%	-	10,00	569,58	9,09	5,06	10,00	614,99	9,09	5,02	10,00	712,76	9,09	5,16
Sub-total B			6.265,38		55,66%		6.784,87		55,18%		7.840,34		56,74%	
Total Geral (A+B)			11.251,65		44,92%		12.259,69		44,82%		13.818,49		43,36%	

Figura 2A. Custos de fomento e produção para café Conilon. Fonte: Departamento técnico da COOXUPÉ – MG. (2018).

Componentes do Custo	ANO 0		ANO I		ANO II		ANO III - XI	
	(R\$/ha)	(Sc/Ha)	(R\$/ha)	(Sc/Ha)	(R\$/ha)	(Sc/Ha)	(R\$/ha)	(Sc/Ha)
1. DESPESAS COM INSUMOS								
Mudas	RS 5.822,18	16,6	RS 4.592,41	13,1	RS 3.609,67	10,3	RS 3.609,67	10,3
Mudas de Café	RS 2.545,45	7,3	-	-	-	-	-	-
Transporte Mudas	RS 2.458,68	7,0	-	-	-	-	-	-
Fertilizantes	RS 86,78	0,2	-	-	-	-	-	-
Adubação Orgânica	RS 2.653,86	7,6	RS 3.564,19	10,2	RS 2.733,70	7,8	RS 2.733,70	7,8
Macronutriente	RS 1.041,32	3,0	-	-	-	-	-	-
Micronutriente	RS 1.612,53	4,6	RS 3.564,19	10,2	RS 2.733,70	7,8	RS 2.733,70	7,8
Defensivos	RS 622,87	1,8	RS 1.028,23	2,9	RS 875,97	2,5	RS 875,97	2,5
Fungicida	-	-	RS 285,73	0,8	RS 285,73	0,8	RS 285,73	0,8
Herbicida	RS 622,87	1,8	RS 456,77	1,3	RS 304,51	0,9	RS 304,51	0,9
Inseticida	-	-	RS 285,73	0,8	RS 285,73	0,8	RS 285,73	0,8
2. OUTRAS DESPESAS COM A LAVOURA								
Mão de Obra	RS 4.014,26	11,5	RS 1.991,01	5,7	RS 3.557,53	10,2	RS 5.765,58	16,5
Manejo Pré Plantio	RS 1.859,50	5,3	RS 685,95	2,0	RS 512,40	1,5	RS 1.781,20	5,1
Plantio	RS 1.092,57	3,1	-	-	-	-	-	-
Aplicações com Bomba	RS 595,04	1,7	-	-	-	-	-	-
Colheita	RS 467,15	1,3	RS 266,94	0,8	RS 177,96	0,5	RS 177,96	0,5
A - CUSTO OPERACIONAL (1 + 2)								
	RS 9.836,44	28,1	RS 6.583,42	18,8	RS 7.167,19	20,5	RS 9.375,24	26,8
3 - OUTRAS DESPESAS								
Sistema de Irrigação	RS 6.462,83	18,5	RS 1.461,04	4,2	RS 2.208,56	6,3	RS 2.811,04	8,0
Beneficiamento/Armazenagem	RS 6.462,83	18,5	-	-	-	-	-	-
Despesas Administrativas	-	-	RS 1.050,00	3,0	RS 1.797,52	5,1	RS 2.400,00	6,9
B - CUSTOS VARIÁVEIS (1 + 2 + 3)								
	RS 16.299,27	46,6	RS 8.044,46	23,0	RS 9.375,76	26,8	RS 12.186,28	34,8
Depreciações	RS 843,91	2,4						
Seguro do Capital Fixo	RS 640,82	1,8	RS 470,30	1,3	RS 505,33	1,4	RS 637,81	1,8
Custo da Terra	RS 743,80	2,1						
C - CUSTOS FIXOS								
	RS 2.228,54	6,4	RS 2.058,02	5,9	RS 2.093,04	6,0	RS 2.225,53	6,4
CUSTO TOTAL (B+C)								
	RS 18.527,81	52,9	RS 10.102,48	28,9	RS 11.468,80	32,8	RS 14.411,81	41,2

Figura 3A. Custo por hectare para implantação, manutenção e produção de café Conilon. Fonte: Araújo et al. (2017) pesquisadores da EMBRAPA Rondônia.